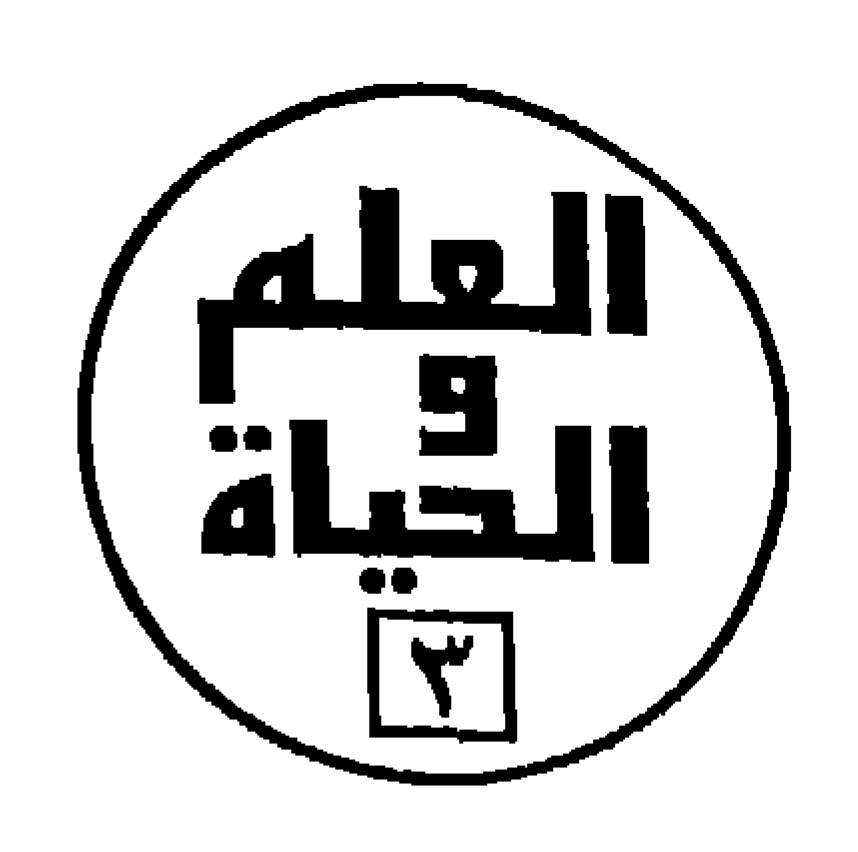


استكشاف الفضاء

واستغلال موارد الكون

الأستاذ الدكتور
سيد رمضان هداره

الأهرام
مركز الأهرام
للترجمة والنشر



استكشاف الفضاء

واستغلال موارد الكون

الأستاذ الدكتور
سيد رمضان هداره

الطبعة الأولى
١٤١٦ هـ - ١٩٩٦ م

الناشر : مركز الأهرام للترجمة والنشر
مؤسسة الأهرام - شارع الجلاء - القاهرة
تليفون : ٥٧٨٦٠٨٣ - فاكس : ٥٧٨٦٨٣٣

المحتـويـات

الصفحة

■ مقـدمـة ٥

□ الفصــل الأول : يوم أصبح الحلم واقعا ٩

□ الفصــل الثــانى : الصاروخ ينطلق إلى مقصده فى الفضاء ... ٢٤

□ الفصــل الثــالث : مركبات فضائية لمختلف الأغراض ٣٤

□ الفصــل الـرابـع : الإنسان يخطو إلى الفضاء خارج الأرض .. ٤٦

□ الفصــل الخامس : العودة ٦٠

□ الفصــل السادس : وثبات على سطح القمر ٦٨

□ الفصــل الســابـع : جزر فى الفضاء ٩٠

□ الفصــل الثــامــن : عيون بصّاصة ترقب السماء والأرض ١٠٠

□ الفصــل التـاســع : كنوز من العلم فى الفضاء ١١٣

■ خـاتمــة ١٢٥

مقـــدمـــة

توالت على البشرية منذ التاريخ القديم ثورات علمية وتكنولوجية نقلتها من عصر حضارى إلى آخر . وكان لكل عصر من هذه العصور تأثيراته فى حياة الناس وعاداتهم وعلاقاتهم بعضهم ببعض . ولقد تشابهت هذه الثورات ، أو العصور ، عموما فيما أحدثته من تأثيرات وإن اختلفت تفصيلات هذه التأثيرات واتساع نطاقها وشدتها وفقا للمعايير السائدة فى حينها . وللوهلة الأولى قد لا يختلف عصر الفضاء عما سبقه من عصور - كالبخار والكهرباء والطاقة النووية كأمثلة للحديث منها - فيما أحدثه من طفرات فى تقدم البشرية وأساليب حياة الناس . ولكن بالنظرة المتعمقة يتبين لنا أن هناك اختلافا جوهريا فى نشأة عصر الفضاء وما أحدثه من تأثيرات .

فالعصور السابقة جاءت وليدة اكتشافات علمية فردية ، بدأت صغيرة ثم تناولتها أيدى العلماء والتكنولوجيين بالتنمية والتطوير حتى عمت فوائدها واتسعت آفاق تطبيقاتها العملية . أما عصر الفضاء فقد ولد عملاقا ، حيث إنه قام على حصاد مجموع المعارف البشرية التى أحرزها الإنسان من قبل ، وتسخير هذا الحصاد للكشف عن مجاهل الكون حتى يمكن استغلالها لنفع البشر . فلولا التقدم فى تكنولوجيات الصواريخ والالكترونيات والتقنيات الصناعية ، ما ولد عصر الفضاء . ولكنه لم يقتصر على الأخذ من المقومات التى قام عليها بل أجزل لها العطاء أيضا . فالسعى الحثيث إلى توسيع مجالات النفع وآفاق الكشف ، أعطى دفعات قوية للتقدم السريع فى المجالات العلمية والتكنولوجية الأخرى بغية الوصول إلى أمداء بعيدة فى الكون السحيق والارتفاع بكفاءة الأداء والاتقان والدقة إلى أعلى المستويات التى يمكن الوصول إليها ، وتأمين سلامة البشر فى رحلات الفضاء ، واستخلاص أعظم

قدر يمكن استخلاصه من الموارد الكونية لسد النقص فى موارد الأرض الطبيعية ، اللازمة لحياة الإنسان على الأرض ، كالطاقة والخامات .

وهكذا قامت نهضات أخرى جانبية فى مختلف المجالات العلمية والتكنولوجية ، دعمت ثورة الفضاء واستمدت منها الدعم والحافز . فحدثت ثورة فى الالكترونيات علميا وتكنولوجيا ، كان من أهم نتائجها صغر أحجام الدوائر والأجهزة الالكترونية إلى حد لم يتصوره عقل من قبل ، وارتفعت كفاءتها والثقة بها ، وظهر هذا واضحا فى أجيال الحاسبات الالكترونية المتعاقبة وتغلغلها فى مختلف الأنشطة البشرية بدءا من أرفع درجات التقنيات إلى وسائل التسلية واللهو ، وأصبحت من الأركان الرئيسية التى لا غنى عنها فى كثير من العمليات الإنتاجية والخدمية . وحدثت ثورة فى إنتاج المواد التى تفى بأغراض كان من المتعذر الوفاء بها ، كتحمل درجات الحرارة والإجهادات المفرطة مع خفة الوزن وسهولة التعامل معها . وارتقت تقنيات تقدير الموارد الطبيعية وتحديد مواقعها بدقة عالية توفر الجهد والمال . وغير ذلك كثير مما سيتناول هذا الكتاب أمثلة لها .

وأهم من ذلك كله أن عصر الفضاء أوجد نوعا جديدا من التعاون البناء ، لا بين العلماء والتكنولوجيين فى مختلف المجالات بالبلد الواحد فحسب ، بل فى جميع بلاد العالم . فالكل يسعون إلى تحقيق الهدف نفسه مؤمنين بأن المجالات العلمية والتكنولوجية يكمل بعضها بعضا ، ولا غنى لتقدم أى مجال عما يحرز من إنجازات فى المجالات الأخرى . كما أنه أوجد نوعا جديدا للعلاقات بين الأمم امتزج فيها التنافس التقليدى والتعاون فى تآلف بناء ؛ ليحظى كل شعب من شعوب العالم بأكبر قسط ممكن من الفوائد التى يأتى بها استكشاف الفضاء واستغلال الإمكانات التى يتيحها .

ولعل هذه المقدمة تكون قد أوضحت ضخامة مهمة عرض الجوانب المختلفة لاستكشاف الفضاء واستغلاله لنفع الإنسان على الأرض ، فى كتاب صغير الحجم بأسلوب لا يستعصى فهمه على القارىء العادى . ولقد شمل العرض شرحا مبسطا للوسائل التى اتخذها الإنسان لبلوغ مقاصده فى الفضاء ،

والمركبات والمعدات التى تنقلها هذه الوسائل إلى تلك المقاصد والتى تمكن الإنسان من القيام بالأنشطة المختلفة ، سواء أكان على متنها أم على الأرض ، والاحتياطات التى تتخذ لضمان سلامة الإنسان فى الرحلات الفضائية والإقامة فى الفضاء والعودة إلى الأرض ، وكيف هبط الإنسان على القمر وأقام جزرا صناعية فى الفضاء (محطات فضائية) لمختلف الأغراض ، وأنشأ خطوط نقل فضائية بين تلك المحطات والأرض . كما شمل نبذات موجزة عن الأقمار الصناعية المختلفة التى تسبح فى الفضاء وتؤدى مختلف الخدمات لسكان الأرض ، ونبذات موجزة عن الإنجازات العلمية التى حققها الإنسان بقيامه بالبحوث العلمية فى المعامل الفضائية . ثم ذيل العرض بسرد بعض مضامين تأثيرات عصر الفضاء فى مختلف نواحى حياة البشر .

والله ولى التوفيق .

الفصـل الأول

يوم أصبح الحلم واقعا

كان الرابع من أكتوبر ١٩٥٧ يوما مشهودا لاحت فيه بشائر تحقق حلم الإنسان منذ أزمنة بعيدة باستكشاف أجرام مأهولة أخرى فى السماء وتعرف سكانها . ففى ذلك اليوم أذاعت وكالة الأنباء السوفيتية « تاس » النبأ التالى :

« أطلق بنجاح (منذ ساعتين) أول قمر صناعى فى العالم من الأراضى السوفيتية ، ولقد زوده الصاروخ الذى حمله بسرعة تقرب من ٧٥٠٠ متر فى الثانية (٢٧٠٠٠ كيلو متر فى الساعة) .

وهو الآن يدور حول الأرض فى مدارات إهليليجية (قطاعات ناقصة) ويمكن تتبع مساره بالآلات البصرية فى ضوئى الشفق والفجر » .

وكان هذا القمر الصناعى « سبوتنك » (وهو اسم مأخوذ من اللغة الروسية ويعنى رفيق السفر) ، كرة معدنية قطرها حوالى ٥٨ سنتيمترا وزنتها حوالى ٨٣ كيلو جراما ، وبها جهازا إرسال يبعثان بإشارات راديوية متواصلة . ولقد ظل يدور حول الأرض لمدة ثلاثة شهور حتى الرابع من يناير ١٩٥٨ ، ثم عاد إلى جو الأرض ، وعمل احتكاكه بجزيئات الهواء على احتراقه .

كان إطلاق هذا القمر الصناعى نصرا للبشرية عموما وللاتحاد السوفيتى على وجه الخصوص . فلقد تاق الإنسان منذ القدم إلى السفر إلى تلك الأجرام التى يراها فى السماء وتعرف سكانها . ولكنه منى بخيبة الأمل واليأس من تحقيق حلمه عندما تقدم العلم وعلم أن هذه الأجرام بعيدة بعدا يحول دون الوصول إليها ، فأقربها إلى الأرض ، وهو القمر ، يبعد عنا بحوالى

٣٨٢٠٠٠ كيلو متر ، أما الزهرة وهى أقرب الكواكب إلى الأرض فيتراوح بعدها عنها بين ٢٥٦ مليون كيلو متر عندما تصل إلى أبعد نقطة فى مدارها ، و ٤١,٦ مليون كيلو متر عندما تصل إلى أقرب نقطة . ومع ذلك ، فإن هذه الحقائق لم تمنع كتّاب قصص الخيال العلمى من أمثال لوسيان الإغريقى فى القرن الثانى من الميلاد ، وجول فيرن وإدوارد هيلز و هـ . ج . ويلز فى القرون الثلاثة الماضية ، من أن يسرحوا بخيالهم ويصفوا فى قصصهم الخيالية رحلات إلى القمر .

أما نصر الاتحاد السوفيتى فهو إحراز السبق فى أولى حلقات سباق غزو الفضاء بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى . ففى ٢٥ يوليو ١٩٥٥ أعلن دوايت ايزنهاور رئيس الولايات المتحدة ، وقتئذ ، أمام المؤتمر الفلكى الدولى السادس فى كوبنهاجن أن الولايات المتحدة تزمع إطلاق قمر صناعى مساهمة منها فى السنة الجيوفيزيقية الدولية التى تقرر أن تبدأ فى أول يوليو ١٩٥٧ وتستمر حتى نهاية ديسمبر ١٩٥٨ . وفى اليوم نفسه عقد الوفد الروسى مؤتمرا صحفيا فى السفارة السوفيتية بكوبنهاجن أعلن فيه أن روسيا لديها هى الأخرى برنامج لإطلاق الأقمار الصناعية . وهكذا بدأ السباق الذى حقق للاتحاد السوفيتى النصر فى مرحلته الأولى بإطلاق « سبوتنك » .

لقد كان الظن السائد فى رحلات القمر التى وصفتها القصص الخيالية هو أن جو الأرض ممتد بلا حدود ، وكان التركيز منصبا على إيجاد وسيلة يمكنها الطيران فى الهواء لتصل إلى مقاصدها على مسافات تقاس بمئات الألوف بل الملايين من الكيلو مترات . ولكن العلم أثبت أن جو الأرض ما هو إلا غلالة رقيقة نسبيا من الهواء لا يزيد ارتفاعها فوق سطح الأرض على حوالى ٣٠ كيلو مترا ، وهذه مسافة ضئيلة بالمقارنة بمئات الألوف من الكيلو مترات . ولذا استبعدت البالونات والطائرات ، التى تعتمد على الهواء فى طيرانها ، من أن تكون هى الوسائل التى تفى بالغرض . والطائرات لا تعتمد على الهواء فى حملها فحسب ، بل تعتمد على أكسيجينه فى احتراق وقودها . ولذا فإن الوسيلة المطلوبة يجب ألا تعتمد على الهواء فى طيرانها ولا فى احتراق وقود

محركها ، ويجب أن تصل إلى مقصدها دون التزود بالوقود أثناء رحلتها الطويلة . وهناك عقبة أخرى لا بد من تخطيها هى الإفلات من جاذبية الأرض . فنحن على الأرض أسرى هذه الجاذبية ليس لنا فكاك من أسرها إلا بقوة تقهرها . فلقد اكتشف نيوتن أن الأجسام المادية يجذب بعضها بعضا ، وأن قوة الجذب بين أى جسمين تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما ، وعكسيا مع مربع المسافة بينهما . وظهر فيما بعد أن الجاذبية هى الأساس الذى يقوم عليه نظام الكون واستقراره . فالأرض تدور حول الشمس فى مدار إهليليجى (قطع ناقص) تحت تأثير الجاذبية بينهما . ولولا هذه الحركة الدورانية التى شاء الله أن تتهيأ ظروفها منذ البداية ، لتسارعتا كل نحو الأخرى وتصادمتا وانهار النظام الكونى بأسره . وما يجرى بين الشمس والأرض هو نفسه الذى يجرى بينها وبين الكواكب الأخرى ، وبين الأرض والقمر ، بل وبين الأجرام السماوية جميعا حيث يدور الصغير منها حول الكبير فى مدارات (أو أفلاك) مستقرة محددة . ولقد وضع يوهانس كبلر عالم الفلك الألمانى ثلاثة قوانين تحكم دوران الكواكب حول الشمس ، وتنطبق على كل جسمين يدور أحدهما حول الآخر ، كدوران القمر الصناعى حول الأرض . وتتلخص هذه القوانين فيما يلى :

١ - مسار الكوكب قطع ناقص يقع مركز الشمس فى إحدى بؤرتيه .

٢ - الخط من مركز الكوكب إلى مركز الشمس يرسم مساحات متساوية فى أزمنة متساوية .

٣ - مربع دورة الكوكب حول الشمس يتناسب طرديا مع مكعب بعده عن الشمس .

وسنرى فيما بعد أن حساب مدار القمر الصناعى حول الأرض يرتكز على هذه القوانين .

والمدهش أن الوسيلة التى تحقق هذه الشروط كانت معروفة منذ قرون . تلك الوسيلة هى الصاروخ الذى ينسب اختراعه إلى الصينيين فى القرن الثالث

عشر على الأرجح بعد اختراع البارود . وكما هى الحال مع كثير من الاختراعات التى طفرت بالحضارة البشرية طفرات واسعة فى مختلف العصور ، ظلت الصواريخ تستخدم منذ اختراعها سلاحا قويا فى الحروب . فاستخدمها الصينيون ضد المنغوليين فى حصار كاى فونج فو فى القرن الثالث عشر ، وبها هزمت جيوش سلطان ميسور سلاح الفرسان البريطانى شر هزيمة فى معركة سبرنجا باتام بالهند عام ۱۷۹۹ . وكان يعيبها عدم الدقة فى إصابة الهدف . ولكن البريطانيين أدخلوا عليها بعض التحسينات واستخدمتها البحرية البريطانية فى مهاجمة قلعة ماك هنرى فى ماريلند بالولايات المتحدة الأمريكية فى حرب ۱۸۱۲ . وظلت الصواريخ تستخدم سلاحا حربيا حتى القرن التاسع عشر حيث حلت محلها البندقية ، التى اخترعت فى ذلك الوقت ، وكانت قذائفها أكثر استقرارا وأعلى دقة فى إصابة الهدف . ولم يبق لها من عمل إلا فى صواريخ الألعاب النارية وإنقاذ السفن الغارقة .

إن الصاروخ قذيفة تنطلق بتأثير « رد الفعل » الذى اكتشفه نيوتن ووضع قانونا خاصا به ، هو القانون الثالث من قوانين نيوتن الثلاثة للحركة . وهى قوانين أساسية فى علم الميكانيكا يدرسها كل طالب مبتدىء فى هذا العلم . وقانون رد الفعل ، أو القانون الثالث للحركة ، ينص على أن « لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد فى الاتجاه » . وهذه حقيقة كثيرا ما نلمسها فى حياتنا اليومية . فراكب القارب عندما يدفع الشاطىء بساريته يؤثر الشاطىء بقوة مساوية فى الاتجاه المضاد فيندفع القارب مبتعدا عن الشاطىء . والمدفع المحمول على عجل يرتد مسافة إلى الوراء فى اللحظة التى تنطلق منه القذيفة . وهذا هو الأساس الذى يقوم عليه عمل الصاروخ . فالصاروخ القائم ينطلق إلى أعلى عندما ينطلق من مؤخرته تيار غازى بسرعة عالية . ففعل قوة اندفاع الغازات إلى أسفل تقابلها قوة مساوية لها تدفع الصاروخ إلى أعلى .

وإلى جانب قانون رد الفعل هناك قوانين طبيعية أساسية تخضع لها جميع

العمليات التى تحدث فى الطبيعة ، تلك هى قوانين البقاء . فهناك كميات فيزيقية ، كالطاقة والشحنة وكمية الحركة وغيرها ، تبقى ثابتة للمجموعة المشتركة فى عملية ما مادامت هذه المجموعة منعزلة عن أى مؤثرات خارجية . وما يهمنا هنا هو بقاء كمية الحركة . وكمية حركة أى جسم هى حاصل ضرب كتلته فى سرعته . والصاروخ القائم على منصة الإطلاق ساكن ، أى أن سرعته تساوى صفرا وكذلك كمية حركته . وعندما تندفع الغازات من مؤخرته فإنها تكتسب كمية حركة تساوى حاصل ضرب كتلة الغازات المنطلقة فى سرعة انطلاقها . وتحقيقا لقانون بقاء كمية الحركة ، يجب أن يكتسب الجزء المتبقى من الصاروخ ، بعد إفراغ الغازات من باطنه ، كمية حركة مساوية لكمية حركة الغازات وفى الاتجاه المضاد ، لتصبح كمية الحركة الكلية (للجزء المتبقى من الصاروخ والغازات) صفرا ، كما كانت قبل خروج الغازات . وعلى ذلك فإن سرعة انطلاق الصاروخ تتوقف على نسبة كتلة الغازات المنطلقة إلى كتلة الجزء المتبقى من الصاروخ (النسبة الكتلية) وعلى سرعة الغازات . وكلما كبرت النسبة الكتلية زادت سرعة الصاروخ ، التى تزيد أيضا بزيادة سرعة الغازات . ولذلك يحرص مصممو الصواريخ على أن تكون كل من النسبة الكتلية وسرعة خروج الغازات أكبر ما يمكن .

لنتفحص الآن بعض تفصيلات الصاروخ . وقبل المضى فى ذلك ، يجدر بنا أن نلفت النظر إلى أن الصاروخ هو مجرد وسيلة نقل ، ينقل ما يسمى « بالحمل النافع » (أى مركبة فضاء أو قمر صناعى أو مجس فضاء) من سطح الأرض إلى نقطة انطلاقه إلى مقصده . وعلى ذلك فوصف الصاروخ الوارد فى هذا الفصل ينحصر فى وسيلة النقل التى يتم التخلص منها فى الفضاء عند وصول الحمل النافع إلى نقطة بدء رحلته الفضائية . أما تفصيلات « الحمل النافع » فستتناولها الفصول التالية .

والصواريخ أنواع متعددة وفقا للوقود المستخدم لتوليد الغازات الخارجة التى تولد بخروجها قوة الدفع ، ومنها الوقود السائل والوقود الصلب والوقود

النووى وصواريخ الدفع الأيونى . والنوعان المستخدمان بوجه عام فى الوقت الحاضر هما صواريخ الوقود السائل وصواريخ الوقود الصلب . أما النوعان الآخران ، فلا يزالان فى مراحل التجريب والتطوير .

ويتركب صاروخ الوقود السائل عموما من الأجزاء التالية بدءا من المقدمة (أى القمة وهو قائم على منصة الإطلاق) إلى المؤخرة :

١ - المقدمة المخروطية ، وهى « الحمل النافع » الذى ينطلق إلى مقصده فى الفضاء . وهى قد تكون « كبسولة » مركبة فضاء تحمل أفرادا من البشر ، أو قمرا صناعيا مزودا بالأجهزة اللازمة لقيامه بأداء مهمته فى الفضاء ، أو مجسا فضائيا يحمل الأجهزة العلمية لإرسال المعلومات عن الفضاء الخارجى .

٢ - وحدة أجهزة توجيه الصاروخ وتنظيم طيرانه .

٣ - مستودعات الوقود والمؤكسد ، وهذا القسم هو أضخم أجزاء الصاروخ . وقد يكون الوقود فى صورة كيروسين نقي أو كحول أو أنيلين أو هيدروجين سائل . ونحن نعلم أن الوقود لا يحترق إلا في وجود الأكسجين أو عامل مؤكسد ، وآلات الاحتراق الأرضية تستمد الأكسجين اللازم لاحتراق الوقود من الهواء ، أما الصواريخ فيجب أن تحمل الأكسيجين أو العامل المؤكسد معها . ويسمى الوقود والمؤكسد معا « مُسيّر » .

٤ - محرك الصاروخ ومعه أجهزة مساعدة تشمل مضخات وطوربينات والدفة وما إلى ذلك . وينقسم محرك الصاروخ إلى جزءين أساسيين ، أحدهما غرفة الاحتراق التى يختلط فيها الوقود والمؤكسد ويحدث الاحتراق ، والجزء الآخر هو فتحة العادم التى تصمم بحيث تندفع غازات العادم منها بأعلى سرعة ممكنة .

وتعمل المضخات على ضخ الوقود والمؤكسد إلى غرفة الاحتراق ، ويتم

الإشعال بطرق مختلفة ، إما كهربائيا وإما حراريا . وبعض المسيّرات تحترق بمجرد تلامس الوقود والمؤكسد .

ويتم توجيه الصاروخ بإحدى طريقتين . تستخدم فى الطريقة الأولى دفة يمكن ضبطها لتعترض تيار العادم ، وهى مصنوعة من الجرافيت لكى تتحمل الحرارة الشديدة التى تحملها هذه الغازات ، وهى محمولة على مفصلات يمكن التحكم فيها بإشارات لاسلكية ترسل من محطة المتابعة الأرضية . أما الطريقة الأخرى فهى تركيب المحرك نفسه على مفصلات بحيث يمكن ضبط وضعه بالإشارات اللاسلكية فيعمل عمل الدفة .

وصاروخ الوقود الصلب شبيه بصاروخ الوقود السائل فى الجزءين العلويين ، ولكن مستودع الوقود هنا مستودع واحد يحتوى على كل من الوقود والمؤكسد ، كما أنه هو أيضا غرفة الاحتراق . ويُصنع من الصلب المتين ، ويحتوى على مطاط مُخلّق (مُركب صناعيا) ، يعجن معه أثناء عملية الصنع مادة غنية بالأكسيجين . وهذا الوقود يملأ المستودع تماما مع وجود فتحة أسطوانية فى محوره تمتد من أعلاه إلى أسفله . ويحدث الاشتعال فى هذه الفتحة بإحدى طرق الاشتعال الحرارية ويمتد الاحتراق من الداخل إلى الخارج . وهكذا يصبح مستودع الوقود هو أيضا غرفة الاحتراق ، وتخرج غازات العادم من فتحة فى قاع المستودع . ويتم توجيه الصاروخ بواسطة دفة يضبط مكانها فى مسار تيار العادم كما فى صاروخ الوقود السائل ، أو بدفع غاز خامل فى فتحة العادم تحت ضغط مرتفع ، فيعمل على تغيير اتجاه تيار العادم .

ويبدو للوهلة الأولى أن الوقود الصلب يفوق السائل فى بعض المزايا ، فمستودعه أسهل فى الصنع وأرخص ثمنا من مستودعى الوقود السائل ، كما أنه بسيط لا يحتاج إلى صيانة كالوقود السائل الذى يحتاج إلى مضخات وأجهزة تحكم معقدة قد يعطل بعضها أو يفسد أثناء الإعداد للإطلاق ، ولكنّ له عيوبا تجعل صاروخ الوقود السائل أفضل منه فى أحيان كثيرة ، فمستودع الوقود الصلب لا بد أن يكون متينا وبالتالى ثقيل الوزن ، وهكذا تقل النسبة الكتلية

فتحد من سرعة الانطلاق . أما مستودعات الوقود السائل فتصنع من صلب رقيق خفيف الوزن ، حيث إنها لا تتعرض لدرجات حرارة عالية . وهناك عيب آخر هو استحالة التحكم فى احتراق الوقود الصلب ، فإذا بدأ الاشتعال فلا بد من أن يستمر الوقود فى الاحتراق حتى ينفد كلية . أما الوقود السائل فيمكن التحكم فى احتراقه عن طريق مضخات الوقود والمؤكسد بل يمكن إيقاف الاحتراق تماما . ونظرا لهذين العيبين ، فإن الوقود السائل يحتل المقام الأعظم من الأهمية فى وسائل النقل الفضائية . ومع هذا فيجمع بعض هذه الوسائل بين هذين النوعين من الوقود .

أنواع أخرى من الوقود :

ننتقل الآن إلى النوعين اللذين لم يعم استخدامهما فى الوقت الحاضر . فمحرك « الصاروخ النووى » مفاعل نووى يولّد كميات حرارة هائلة . وفوق هذا المفاعل مستودع يملأ بالهيدروجين السائل ، ومزود بالطبع بمضخات وأجهزة تحكم . وعندما يعمل المفاعل وترتفع درجة الحرارة يسمح للهيدروجين بالتدفق حوله وخلاله ، فتعمل الحرارة على تبخيره وتسخين الغاز إلى درجة حرارة عالية فيرتفع ضغطه . ثم يسمح له بالخروج من الفتحة لتوليد رد الفعل الذى يدفع الصاروخ إلى أعلى . ويلاحظ هنا أن الهيدروجين لا يشتعل . والمتوقع أن قدرة هذا الصاروخ ستصل إلى حوالى مثلى قدرة صاروخ الوقود الكيميائى المساوى له فى الحجم .

ولا ينتظر أن يطلق الصاروخ النووى من الأرض خشية حدوث تلوث إشعاعى ، هذا بالإضافة إلى احتمال اتحاد الهيدروجين المنبثق منه كيميائيا مع أكسيجين الهواء الجوى وحدوث انفجار مروع . وعلى ذلك فالاستخدام الوحيد المتوقع لهذا النوع هو فى الفضاء الخالى من الأكسيجين ، فيرفعه صاروخ كيميائى إلى ارتفاع عال ثم يبدأ عمل المفاعل ليكمل الصاروخ رحلته إلى أعماق الفضاء السحيقة .

أما صاروخ الدفع الأيونى ، فيحتوى على جهاز لتحويل ذرات أو جزيئات

متعادلة إلى أيونات ، ومُعجِّل كهربائى لتعجيل هذه الأيونات . وعندما تكتسب هذه الأيونات سرعة عالية يسمح لها بالخروج من فتحة العادم ، فتكسب الصاروخ الدفع المطلوب . ولكى يكون الدفع الأيوني عالى الفعالية يجب أن تكون الأيونات المستخدمة ثقيلة . ولقد وجد أن الأيونات التى تصلح لهذا الغرض هي أيونات السيزيوم والزئبق . ولقد تم اختبار كل من المحركين النووى والأيونى فى المعمل . وبالإضافة إلى ذلك تجرى دراسة محرك الاندماج النووى والبلازما .

ولكى يفى الصاروخ بالغرض المصمم من أجله بأن يضع مركبة الفضاء فى مدار حول الأرض أو ينقلها إلى خارج نطاق الجاذبية الأرضية ، يلزم أن تصل سرعة الصاروخ إلى قيمة محددة تبعا للمدار المراد وضع الصاروخ فيه ، وتسمى السرعة حينئذ « بالسرعة الدورانية » . أما إذا أريد إخراج مركبة الفضاء بعيدا عن نطاق الجاذبية الأرضية ، فيجب أن تصل سرعة الصاروخ إلى قيمة أعلى تسمى « سرعة الإفلات » .

فطبقا لقواعد علم الميكانيكا : إذا تحرك جسم بسرعة منتظمة تحت تأثير قوة تجذبه نحو نقطة ثابتة ، كقوة الجاذبية الأرضية التى تجذب مركبة الفضاء (أو القمر الصناعى) نحو مركز الأرض ، فإن الجسم ، وهو فى حالتنا هنا القمر الصناعى ، يتحرك فى مسار دائرى حول مركز الأرض ، أو فى مسار على شكل قطع ناقص حول إحدى بؤرتيه .

فالجسم المتحرك فى مسار دائرى (أو منحنى عموما) تؤثر فيه قوة الجذب نحو المركز المعروفة « بالقوة المركزية الجاذبة » ، وينشأ عن هذه الحركة رد فعل مساو ومضاد للقوة المركزية الجاذبة ، يعمل على دفع الجسم إلى الخارج ، ويسمى « القوة المركزية الطاردة » . وهذه هى القوة التى تعمل فى المقلاع . فالمقلاع كما نعلم وسيلة لرمى الحجر إلى مسافة بعيدة ، وهو حبل يُثبّت الحجر فى أحد طرفيه ويمسك الرامى بالطرف الآخر ويديره بسرعة عالية ، وإذا حرر الرامى الطرف الممسك به أثناء دوران الحجر ،

فإنه يندفع بقوة شديدة إلى مسافة بعيدة . ففى أثناء دوران الحجر والرامى ممسك بطرف الحبل يؤثر الرامى بقوة تجذب الحبل والحجر نحوه ، ويعمل الدوران على نشأة قوة مركزية طاردة ، وعندما يحرر الرامى الطرف الممسك به تنعدم القوة الجاذبة ، وفى هذه اللحظة يقع الحجر تحت تأثير القوة المركزية الطاردة وحدها فتدفعه إلى الخارج . وهكذا يظل القمر الصناعى دائرا فى مسار متزن ما لم تتغير سرعته .

ويتوقف ارتفاع المدار فوق سطح الأرض على سرعة الدوران . فكلما زادت هذه السرعة قرب المدار من سطح الأرض . وفيما يلى أمثلة لسرعات دورانية ، وارتفاعات المدارات المقابلة لها فوق سطح الأرض .

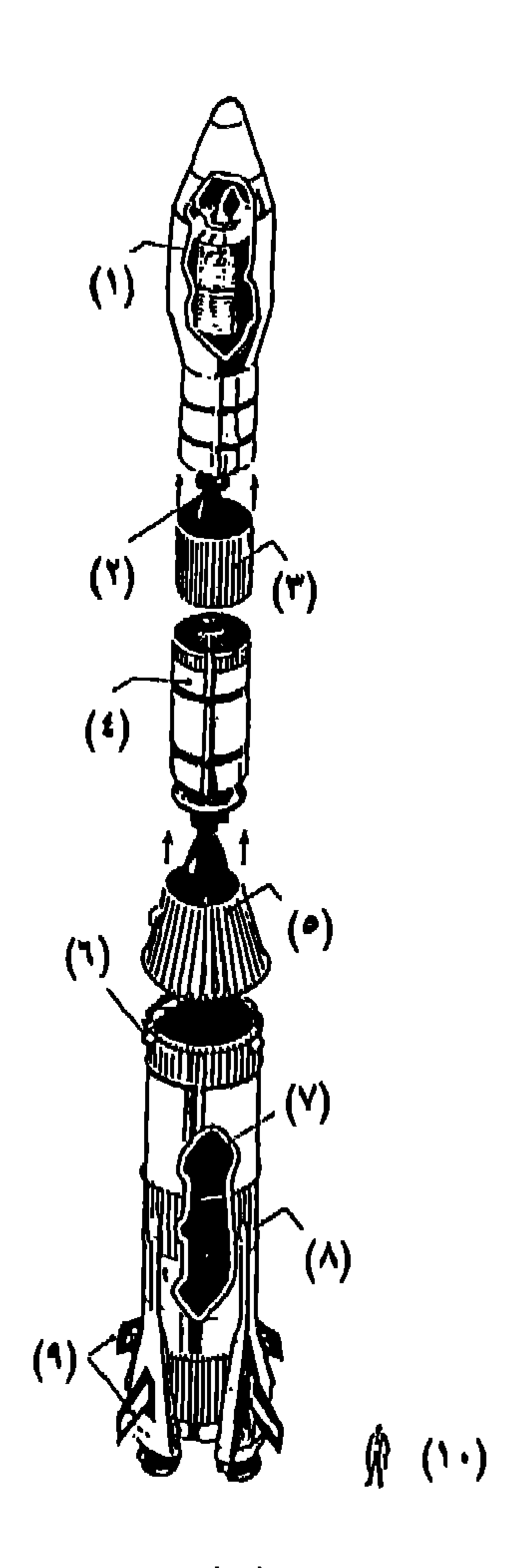
السرعة (بالكيلو متر فى الساعة)	٢٧ ٩٥٠	٢٦ ٦٥٠	١٥ ٠٥٠	١١ ٠٧٠	٣ ٦٢٠
البعد عن الأرض (بالكيلو متر)	١٦٠	٨٠٠	١٦ ٠٠٠	٣٥ ٨٨٠	٣٨٢ ٠٠٠

والرقمان المبينان فى العمود الخامس هما سرعة دوران القمر الطبيعى حول الأرض وبعده عنها . وقد أوردناهما هنا من أجل المقارنة .

أما سرعة الإفلات من مدار معين إلى خارج نطاق الجاذبية الأرضية فتساوى سرعة الدوران فى ذلك المدار مضروبة فى $\sqrt{٢}$ أى ١,٤١٤ .

ولكل كوكب من الكواكب السرعات الدورانية وسرعات الإفلات الخاصة به . فهذه السرعات تتوقف على مجال جاذبية الكوكب .

وفى الواقع لا يوجد صاروخ منفرد يمكنه الوصول إلى سرعة دورانية ناهيك عن سرعة الإفلات . فسرعة الصاروخ كما رأينا من قبل تتوقف على النسبة الكتلية ، وهناك حدود لهذه النسبة الكتلية تفرضها تكنولوجيا الصواريخ . ومع هذا فيمكن الوصول إلى السرعات الدورانية وسرعات الإفلات على مراحل ، أى باستخدام مجموعة صواريخ متعددة المراحل يركب كل منها فوق الآخر . فإذا استخدمنا صاروخين وكان أحدهما (الأصغر) ضمن الحمل النافع للآخر ، سُميت المجموعة صاروخا ثنائى المرحلة .



صاروخ ثلاثى المراحل

(١) الحمل النافع (قد يكون قمرا صناعيا من أى نوع) ، (٢) المرحلة الثالثة ، (٣) وصلة بين المرحلتين الثانية والثالثة ، (٤) المرحلة الثانية ، (٥) وصلة بين المرحلتين الأولى والثانية ، (٦) شحنات متفجرة لتفصل كل مرحلة عن الأخرى عند الارتفاع المحدد ، (٧) مستودع المؤكسد فى المرحلة الأولى ، (٨) مستودع الوقود فى المرحلة الأولى ، (٩) زعانف ذيلية ، (١٠) أحد العاملين بمقياس الرسم المناسب .

فعندما ينفد وقود المرحلة الأولى تبدأ المرحلة الثانية فى العمل . ويلاحظ أن الصاروخ يكون قد اكتسب سرعة معينة قبل بدء المرحلة الثانية ، وبذلك فإن هذه المرحلة تضيف سرعة أخرى إلى السرعة التى حققتها المرحلة الأولى . وإذا كانت النسبتان الكتليتان للمرحلتين متساويتين ، فإن السرعة فى نهاية المرحلة الثانية تساوى ضعف السرعة فى نهاية المرحلة الأولى . ويمكن زيادة عدد المراحل وفقا للغرض المحدد للصاروخ .

إن الصاروخ ، كما سبق أن ذكرنا ، ليس إلا وسيلة لنقل مركبة الفضاء إلى نقطة انطلاقها نحو هدفها . وقد يكون الهدف هو أن تكون المركبة قمرا صناعيا يدور حول الأرض فى مدار محدد ، أو تمضى فى الفضاء لتهبط على القمر أو تقترب من أحد الكواكب أو حتى ترتطم به . وفى جميع الحالات يقوم العلماء مسبقا بحساب مسار المركبة ووضع خرائط تفصيلية للمسار وجداول بالبيانات اللازمة لحفظ المركبة فى مسارها المخطط لها ، كالسرعة والاتجاه وما إلى ذلك عند المواقع المختلفة ، ومواقيت مرور المركبة بهذه المواقع .

مركبة الفضاء تنطلق فى مسار محدد :

إن مدار أى قمر صناعى يدور حول جرم سماوى هو قطع ناقص يقع مركز هذا الجرم عند إحدى بؤرتيه . وكذلك الحال مع أى كوكب يدور حول الشمس ، ومع القمر فى دورانه حول الأرض . ولكل مدار « أوج » ، أى أبعد نقطة فيه عن مركز الدوران ، و « حضيض » ، أى أقرب نقطة فيه من هذا المركز . وعلى ذلك فإن الأقمار الصناعية تقترب من الأرض عند الحضيض وتبتعد عنها عند الأوج . ولقد وصل القمر الصناعى السوفيتى « سبوتنك » فى « حضيضه » إلى مسافة قدرها ٢٢٥ كيلو مترا من الأرض ، أما « أوجه » فكان على بعد ٩٤١ كيلو مترا تقريبا . وقد يكون « الأوج » فى بعض الأحيان بعيدا جدا عن الأرض فى حين أن حضيضه يكون قريبا نسبيا . فعلى سبيل المثال ، أطلقت الولايات المتحدة مركبة فضاء « بأوج » قدره ٩٧٩٠٤ كيلو مترات ، وحضيض قدره ٢٧٨ كيلو مترا فقط .

وعلى ذلك فإن العلماء يحددون نوع المدار وارتفاعه فوق الأرض ، وذلك قبل بدء الرحلة ، وهذا يتوقف على المهمة المحددة للقمر الصناعى . وقد يكون المدار قطبيا أى أن مستواه يشمل قطبى الأرض ومركزها ، كما يمكن أن يكون استوائيا أى أن مستواه يشمل مستوى الدائرة الاستوائية ، وكذلك يمكن أن يميل مستوى المدار على مستوى الدائرة الاستوائية بأى زاوية .

أما إذا أريد إرسال مركبة الفضاء إلى كوكب آخر ، فيراعى أن تصله المركبة عندما يكون قريبا نسبيا من الأرض . فالكواكب فى مداراتها تقترب نسبيا من الأرض وتبتعد عنها . فالكوكب الزهرة على سبيل المثال يبعد عن الأرض فى إحدى نقاط مداره بمسافة قدرها ٢٥٦ مليون كيلو متر ، وتصبح هذه المسافة ٤١,٦ مليون كيلو متر فقط فى نقطة أخرى . وواضح أن الأنسب من جميع النواحى تخطيط الإطلاق لتصل المركبة إلى الكوكب وهو فى الموقع القريب نسبيا . ويجب ألا يغيب عن أذهاننا أن رحلة مركبة الفضاء لتقطع هذه المسافة الطويلة تستغرق زمنا طويلا يصل إلى عدة شهور ، وفى هذه الأثناء يكون الكوكب قد تحرك ملايين الكيلو مترات بعيدا عن موقعه لحظة بدء الرحلة . وعلى ذلك فيلزم حساب مسار المركبة بدقة لتحديد موعد إطلاقها الذى يضمن التقاءها بالكوكب فى الموقع المراد التقاؤها به . فرحلة مجس الفضاء المرسل إلى مدار الزهرة ليلتقى به عند نقطة معينة مثلا ، تستغرق ما بين ١٢٠ و ١٣٠ يوما ، فيجب إذن أن تُطلق المركبة فى موعد مناسب أى عندما يكون الكوكب على مسيرة ١٢٠ أو ١٣٠ يوما من النقطة المحددة لكى يتزامن وصولها إلى هذه النقطة مع وصول الكوكب إليها . وليس من الضرورى إطلاق المركبة فى موعد محدد بالضبط بل هناك فترة من الزمن يمكن محاولة الإطلاق خلالها ، تسمى « فترة جواز الإطلاق » . وتبوء الرحلة بالفشل إذا لم يتم الإطلاق خلال هذه الفترة . ولكل كوكب « فترة جواز الإطلاق » الخاصة به ، فهى حوالى أسبوعين للزهرة وحوالى شهر للمريخ .

إن وصف الصاروخ وتجهيزه وإعداده للإطلاق لنقل مركبة من مركبات الفضاء ، ذلك الوصف المبسط المختصر الذى لا تستغرق قراءته بضع

دقائق ، إنما هو وصف لجهود مضنية تقوم بها مجموعات متآلفة من العلماء والمهندسين والخبراء والتقنيين يعملون فى دأب مددا طويلة تصل إلى بضع سنوات ، وتستنزف أموالا ضخمة تعد بالملايين . وتتوج هذه الجهود المضنية بإجراءات الإطلاق النهائية بعد وضع الصاروخ قائما على منصة الإطلاق وعلى قمته مركبة الفضاء التى ينقلها إلى نقطة بدء رحلتها إلى مقصدها . وهذا الصاروخ الذى تكلف كل هذا الجهد الشاق والملايين من الأموال يصير حطاما بعد أداء مهمته . ومع هذا فهناك نوع آخر يسمى « مكوك الفضاء » يمكن توجيهه للعودة سليما وهبوطه آمنا لاستخدامه مرات أخرى (انظر الفصل السابع) .

وإجراءات الإطلاق معقدة ومضنية ويتوخى فيها الدقة البالغة والحذر . وهى عمل جماعى يشترك فيه فريق من الخبراء والتقنيين المدربين تدريبا رفيعا . ويعمل هذا الفريق داخل مخبأ على بعد مناسب (حوالى ٣٠ مترا) من الصاروخ ، مصمم ليصمد لتفجير يعادل تفجير حوالى ٢٢ طنا من البارود على مسافة ١٥ مترا فقط . فهذا إجراء احتياطى لوقاية الأشخاص القائمين بإجراءات الإطلاق ، فى حالة حدوث خطأ يؤدى إلى انفجار وقود الصاروخ . واحتمال وقوع هذه الحوادث ضئيل جدا نظرا للدقة المتناهية فى الصنع وجودة المواد والمعدات المستخدمة فيه وتميزها بالثقة العالية بأدائها .

والمخبأ مزود بعدد ضخم من الدوائر الإلكترونية والمبينات التى تختبر أداء كل جزء من أجزاء الصاروخ الكبيرة والصغيرة ، وهى تعد بالآلاف . وتتصل هذه الدوائر والمبينات بالصاروخ القائم على منصته بأسلاك مجموعة فى كبل يسمى « الحبل السرى » . وعلى بعد حوالى كيلو مترين من المخبأ يقع مقر المتابعة المركزية التى يتولى رجالها مراقبة أداء الصاروخ بدءا من لحظة إقلاعه . وتقع على رئيس فريق المتابعة مسئولية جسيمة ، فعليه اتخاذ القرار المناسب إذا جمح الصاروخ وأفلت من زمام التحكم ، وربما يكون قراره تدمير الصاروخ قبل إنجاز مهمته .

ومهمة الفريق الذى يعمل فى المخبأ هى اختبار كل أداة وجهاز فى أقسام

الصاروخ المختلفة ، بدءا بأجهزة المحرك والتوجيه والاتصالات بين الصاروخ ومحطة المتابعة الأرضية وأجهزة الحمل النافع ، وفقا لقائمة طويلة تقع فى عشرات الصفحات . وهكذا يبدأ « العد التنازلى » بعد التأكد من صلاحية كل مجموعة . وعند اكتشاف أى خلل يتوقف « العد التنازلى » ويقوم المختصون بإصلاح الخلل . وفى أكثر الأحيان لا يتجاوز التوقف بضع دقائق ، ولكن إذا كان الخلل جسيما أو ساءت الأحوال الجوية ، فقد يؤجل الإطلاق إلى وقت آخر . وهذا قرار لا يلقى هوى فى نفس أى شخص من العاملين ، فهو يعنى ضياع الجهد والأموال الضخمة التى بذلت فى الإعداد .

وقبل « لحظة الصفر » بدقيقتين تغمر قاعدة الإطلاق بالماء ، وكذلك الحفرة العميقة المحفورة تحت الصاروخ ، وهى تسمى « دلو اللهب » . والغرض من هذا الماء تلطيف الحرارة الشديدة المنبعثة من مؤخرة الصاروخ لحظة انطلاقه . وفى « لحظة الصفر » ، تندفع الغازات الشديدة الحرارة وتتوهج كرة نارية فوق الماء ويرتفع الصاروخ فى هدوء كمنار ضخم تحمله يد خفية ، ثم يخفت الضوء وتنطفىء النار المنبعثة منه فى زمن قصير ، إذ يكون الصاروخ قد بلغ طبقات الجو العليا ، وهكذا تنتهى مهمة فريق الاختبار . وتصبح متابعة الصاروخ والحمل النافع مسئولية فريق المراقبة والمتابعة .

الفصل الثانى

الصاروخ ينطلق إلى مقصده فى الفضاء

ما إن تنبثق الغازات من مؤخرة الصاروخ ، ويندفع صاعدا إلى أعلى حتى تنتهى مهمة فريق الاختبار ، ويتولى فريق المتابعة أمر الصاروخ إلى أن يصل إلى مقصده . ومسار الصاروخ ، وكذلك المسار الذى يتخذه « الحمل النافع » (أى مركبة أو مجس الفضاء) بعد تحرره من الصاروخ محددان مسبقا ، حيث يقوم العلماء بحساب هذين المسارين بدقة مرتكزين على أسس علم « الميكانيكا السماوية » والعوامل التى تؤثر فى حركة الأجسام داخل نطاق الجاذبية الأرضية وخارجها . فيحددون اللحظة التى يجب أن يطلق فيها الصاروخ لكى يصل إلى مقصده ، والاتجاهات والسرعات التى يتخذها طوال مساره ، كما يحددون موقع ولحظة انفصال الحمل النافع عن الصاروخ والسرعة والاتجاه اللذين يجب أن ينطلق بهما الحمل النافع عند انفصاله . ويحسبون كذلك مسار الحمل النافع إن كان مجسا فضائيا موجها إلى أحد الكواكب ، والمدار إن كان هذا الحمل قمرا صناعيا . وتشمل حساباتهم تحديد أوج المدار وحضيضه ، وما إذا كان قطبيا أو استوائيا أو مائلا . وتخزن هذه المعلومات فى حاسب الكترونى للمقارنة بينها وبين سرعة وموقع الصاروخ أو مركبة الفضاء الفعليين فى لحظات متتابعة وتصحيح المسار كلما اقتضى الأمر ذلك ، لينطبق المسار (أو المدار) الفعلى على ما تم تحديده مسبقا .

ويمكن تعيين سرعة الصاروخ أو مركبة الفضاء باستخدام ظاهرة معروفة فى علم الفيزيقا هى ظاهرة دوبلر . وهى ظاهرة تتميز بها الحركات الموجية بجميع أنواعها ، كالصوت والضوء والموجات الكهرمغنطيسية بوجه عام .

فالمعلوم أن الحركة الموجية تتميز بطول الموجه وترددها . وطول الموجة يساوى خارج قسمة سرعتها على ترددها . وتردد الموجة الصوتية هو الذى يحدد النغمة (أو الجرس) الذى تميز به الأذن هذه الموجة ، فكلما زاد التردد ارتفعت حدة النغمة . ولقد وجد دوبلر أن الصوت الصادر من مصدر متحرك بالنسبة لسامع يصل إلى السامع بتردد مختلف عن تردده الأصلى . ويتوقف التغير فى التردد على سرعة المصدر بالنسبة للسامع واتجاه حركته ، فيزيد إذا كان المصدر مقتربا من السامع ويقل إذا كان مبتعدا عنه . وأوجد دوبلر علاقة بين سرعة المصدر بالنسبة للسامع ومقدار التغير فى التردد . فبمعرفة التردد الأصلى ومقدار التغير فيه يمكن حساب السرعة بدقة عالية . ولا تقتصر ظاهرة دوبلر على الموجات الصوتية فحسب بل إنها تشمل جميع الحركات الموجية . فموجات الضوء الصادرة من جسم متحرك مبتعدا عن الراصد تصل إلى الراصد بتردد أقل من ترددها الأصلى . ولعلنا نعلم أن تردد الضوء هو الذى يحدد اللون الذى تراه به العين . ولقد استخدم العلماء هذه الظاهرة فى دراسة حركة النجوم والمجرات ، حيث إنهم قاسوا التغير فى ترددات أطياف النجوم والمجرات ، أى ما يسمونه « الإزاحة نحو الأحمر » ، ووجدوا أن هذه الأجرام تتحرك بسرعات عالية مبتعدة عن الأرض ، وعن بعضها البعض ، وهكذا استنتجوا أن الكون يتمدد .

تتبع الصاروخ وتصحيح المسار :

يمكن إذن تعيين سرعة الصاروخ أو مركبة الفضاء فى أى لحظة بإرسال موجات كهرمغنطيسية معلومة التردد تماما من مركز المتابعة إلى الصاروخ أو مركبة الفضاء ، فيستقبلها جهاز استقبال وإرسال ضئيل الحجم دقيق الأداء للغاية بتردد مختلف عن التردد الأصلى . وترسل المعلومات عن التغير فى التردد إلى مركز المتابعة ثانية ، حيث تعالج بالحاسب الإلكترونى وتعين سرعة الصاروخ أو المركبة . وتصل الدقة فى تعيين السرعة بهذه الطريقة إلى ٠,١ مم فى الثانية (٣,٦ متر فى الساعة) وهذه دقة عالية للغاية ، إذا أخذنا فى الاعتبار أن السرعات تبلغ عشرات آلاف الكيلو مترات .

ويجدر بنا أن نتوقف لحظة لنتبين الطريقة التى ترسل بها المركبة المعلومات عن مقدار التغير فى السرعة ، بل وجميع المعلومات التى ترصدها الأجهزة التى تحملها المركبة . فهذه المعلومات ترسل إلى مركز المتابعة بأسلوب إلكترونى يعرف « بنظام التليمترى » . وفى هذا النظام تحول المعلومات إلى إشارات لاسلكية وفقا لشفرة معينة ، وترسل هذه الإشارات لاسلكيا إلى مركز المتابعة حيث يتم استقبالها وتسجيلها ثم معالجتها بالحاسب الإلكترونى الذى يترجم الشفرة إلى ما ترمز إليه من معلومات أصلية . وهذا النظام أساسى فى مركبات الفضاء بجميع أنواعها . فهو قادر على نقل المعلومات من جميع الأنواع ، سواء أكانت أرصادا علمية أم حيوية كضربات القلوب ومعدلات التنفس بل حتى الصور التى تلتقطها آلات التصوير التليفزيونية .

أما تعيين موقع الصاروخ أو مركبة الفضاء فإن هذا يتم باستخدام شبكة رادارية أرضية موزعة فى أماكن محددة . وتوجه هوائيات الرادارات نحو الجسم الطائر ، ومن المعلومات التى تمد بها الشبكة الرادارية يمكن تحديد الموقع بدقة بالغة . ولعلنا نعلم الأساس الذى يرتكز عليه عمل الرادار ، فوحدة الرادار ببساطة مجموعة تجمع بين أجهزة يمكنها إرسال نبضات موجات كهرمغنطيسية (أى إشارات راديوية) إلى الهدف واستقبال تلك النبضات بعد انعكاسها منه ، وقياس الزمن الذى تستغرقه النبضة فى ذهابها إلى الهدف وعودتها منه ، ونصف هذا الزمن المقيس هو الزمن الذى تقطع فيه النبضة المسافة من المحطة الرادارية إلى الهدف . وعلى ذلك فإن هذه المسافة تساوى حاصل ضرب نصف الزمن المقيس فى سرعة الموجات الكهرمغنطيسية (أى سرعة الضوء التى تساوى ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية) .

إن تعيين السرعة والموقع فى لحظات متتابعة يحدد مسار المركبة الفعلى الذى يجب أن يكون مطابقا للمسار المحدد مسبقا . وتتم المقارنة بين المسارين ، الفعلى والمحدد مسبقا ، بواسطة الحاسب الذى تحتوى ذاكرته على

بيانات المسار المحسوب . وإذا وجد اختلاف بين المسارين فإن الحاسب يرسل تعليماته بإشارات لاسلكية إلى المركبة لتصحيح مسارها . ويتم هذا التصحيح عن طريق محرك صاروخي صغير تحمله المركبة يمكن توجيهه فى أى اتجاه معين ، وتشغيله لمدة معينة وفقا لتعليمات الحاسب حتى تعود المركبة إلى المسار المحدد لها .

وهناك نظم أخرى تتبع فى توجيه مركبات الفضاء يستعاض بها عن التوجيه من الأرض أو تؤازر كل منها الأخرى . ومن أهم هذه النظم وأعمها استخداما ما يعرف « بالنظام القصورى » الذى يعتمد على استخدام مجموعة من ثلاثة جيروسكوبات تحملها المركبة ، حيث تحدد ثلاثة اتجاهات متعامدة ثابتة (محاور إسناد) تضبط عند بدء الرحلة وتظل ثابتة لا تتأثر بأى تغيرات تحدث فى حركة المركبة أو مسارها . والجيروسكوب ببساطة هو عجلة مثبتة فى محور تظل فى حركة دورانية مستمرة ، وهذه العجلة مركبة فى مجموعة من الحلقات الحرة الدوران حول محاور متعامدة . ومن خصائص هذه المجموعة أنها تحافظ على بقاء محور دوران العجلة فى الاتجاه الذى ضبط فيه ، مهما تطرأ على المجموعة من تغيرات فى السرعة أو الاتجاه . وتتصل هذه المجموعة « بمقياس عجلة » عن طريق دوائر إلكترونية وحاسب إلكترونى . ووظيفة « مقياس العجلة » هى قياس أى تغير يحدث فى سرعة المركبة والزمن الذى استغرقه حدوث هذا التغير ، ومن ثم قياس السرعة عند أية لحظة . ويزود الحاسب بالبيانات الخاصة بالسرعة كما يعطيها « مقياس العجلة » ، وكذلك الوقت الذى تعطيه ساعة إلكترونية ، فيقوم بالمقارنة بين هذه البيانات والبيانات المختزنة فى ذاكرته منسوبة إلى محاور الإسناد ، ويصدر تعليماته إلى المحركات الصاروخية الصغيرة التى تحملها المركبة بالتصحيحات اللازمة لكى تظل المركبة فى مسارها المحدد لها .

وعجلات الجيروسكوبات الثلاثة تدور بواسطة محركات كهربائية صغيرة جدا تدور بسرعة ثابتة . والمجموعة الجيروسكوبية دقيقة الحجم ودقيقة الصنع ، فيلزم أن تدور عجلاتها باتزان بمعدل ١٢٠٠٠ دورة فى الدقيقة ،

مع خلوها من الاحتكاك . ويلزم أن تراعى الدقة البالغة والعناية الفائقة فى صنع هذا الجهاز ، إذ أن الخطأ الصغير بمقدار ١٠ سنتيمترات فى الثانية لقذيفة تسير بسرعة قدرها سبعة كيلو مترات فى الثانية (أي حوالى ٢٥٠٠٠ كيلو متر فى الساعة) يؤدى إلى خطأ فى إصابة الهدف بمسافة كيلو مترين أو ثلاثة فى المدى الطويل . وهذا يوضح ما يقتضيه صنع هذه الآلات الدقيقة من دقة متناهية ، ومدى ما يجب أن يكون عليه الخطأ المسموح به من الضآلة . ولذا تتخذ احتياطات صارمة فى أثناء الصنع . فتبدو قاعات المصنع كأنها غرف عمليات فى مستشفى ، حيث يرتدى العاملون أردية بيضاء نظيفة ورؤوسهم مغطاة خشية سقوط شعرة منهم ، كأنهم جراحون أو ممرضات . وهذه القاعات ، وكذلك القاعات التى يتم فيها تجميع الأجزاء الميكروسكوبية الدقيقة ، مكيفة الهواء ، وخالية تماما من ذرات الغبار ، والتدخين محظور تماما ، بل ومحظور على النساء استخدام مساحيق الوجه . فتعرض كريات الكراسى المحورية لدخان السجاير أو تناثر مسحوق الوجه قد يؤدى إلى زنقها ويقلل من سلاسة حركتها ، كما أن بصمة إصبع واحدة على العجلة الدوارة قد تخل باتزانها بالقدر الكافى بحيث تجعلها غير صالحة للاستخدام ، وقد يؤدى ذلك إلى استبعاد مجموعة التوجيه كلها والاستعاضة عنها بأخرى .

لعل هذا الإسهاب يوضح مدى الدقة التى يتم بها صنع الأجهزة والمعدات ، لا مجموعات التوجيه فحسب بل كل جزء صغير أو كبير تحمله مركبة الفضاء . فالثقة بالأجهزة والمعدات وجميع الأجزاء تكوّن عنصرا أساسيا فى نجاح رحلة الفضاء ، وأى خطأ مهما تبلغ ضآلته قد يؤدى إلى ضياع جهود عظيمة وأموال ضخمة بل وأرواح بريئة .

وهناك طرق أخرى للملاحة الفضائية ، فبعض مركبات الفضاء تسترشد بالشمس أو بنجم معين تتخذه نقطة إسناد مرجعية ، وهذه المركبات تزود بجهاز لرصد النجم المعين (محساس يحس بضوء هذا النجم بالذات) به خلية كهرضوئية تحول ضوء النجم إلى إشارات كهربائية ، تعمل على تشغيل الدوائر الإلكترونية التى يتضمنها نظام التوجيه القصورى ، لتدير المركبة حتى

يصبح النجم فى مجال رؤية المحساس . وتتم إدارة المركبة لتصحيح مسارها بواسطة المحركات الصاروخية الصغيرة التى تحملها ، كما ذكرنا من قبل .

وعندما تكون مهمة المركبة هى الهبوط على القمر أو على أى كوكب آخر أو الالتقاء بمركبة أخرى فى الفضاء (محطة فضائية مثلا) ، تعرف المركبة طريقها الصحيح إلى هدفها بأن ترسل نبضات كهرمغنطيسية (رادارية أو أشعة تحت الحمراء) وتستقبل صداها المنعكس من الهدف ، وتعمل نبضات الصدى على تشغيل نظام التوجيه لتتخذ المركبة طريقها نحو الهدف الذى ارتدت منه النبضات .

إن نظام التوجيه الذى تحمله مركبة الفضاء أساسى لكى تصل المركبة إلى مقصدها وتؤدى المهمة التى ترسل من أجلها ، ولكنه لا يكفى بمفرده لإنجاز هذه المهمة . فيجب أن تحمل المركبة نظما وأجهزة ومعدات أخرى تكفل نجاح المركبة فى أداء مهمتها ، بل نجاح نظام التوجيه نفسه فى قيادة المركبة إلى بر السلامة .

ويجدر بنا قبل استعراض النظم والأجهزة الأساسية التى يجب أن تحملها مركبة الفضاء بالإضافة إلى الأجهزة الخاصة التى تتطلبها مهمة المركبة والتى سنفصلها فيما بعد ، أن نؤكد ضرورة أن تكون الأجهزة والنظم موثوقا بها تماما . فتعطل جهاز أو نظام فى الرحلة الفضائية قد يؤدى إلى فشل الرحلة كلية . ولا بد لكل جهاز أو نظام من أن يعمل بالكفاءة المقررة له فى اللحظة التى تقتضى الظروف أن يعمل فيها بالضبط . فتأخر النظام عن الاستجابة للتعليمات التى تصدر له ، جزءا من الثانية ، قد يؤدى إلى خروج المركبة عن مسارها على نحو يتعذر فيه تصحيح المسار نظرا للسرعة الهائلة التى تتحرك بها المركبة . ولذا يراعى أن تكون فى المركبة وحدة (أو أكثر) احتياطية لكل نظام تقوم بعمله تلقائيا عند تعطله ، وبذلك تتاح فسحة من الوقت لإصلاح الخلل فى النظام الأصلى . وقد يتم هذا الإصلاح عن طريق تعليمات يصدرها العاملون بمركز المتابعة ، أو قد يقوم به الأشخاص الذين تحملهم المركبة ، إن كانت مهمتها هى حمل مجموعة من البشر .

إن أجهزة الصواريخ ومركبات الفضاء تعمل بالكهرباء ، ولذا يلزم أن يكون بها مصدر للكهرباء موثوق به يزودها باحتياجاتها من القدرة الكهربائية فى مرحلة الإطلاق ، وبعد انفصال المركبة (الحمل النافع) عن الصاروخ ، مع ملاحظة أن المركبة ستظل دائرة فى مدارها حول الأرض أو منطلقة إلى مقصدها فى الفضاء (الكواكب الأخرى) سنوات عديدة . وتتفاوت القدرة المطلوبة خلال الرحلة من عشرات الواطات إلى عدة مئات كيلو واط . والطريقة الشائعة الاستخدام حاليا للحصول على الطاقة الكهربائية هى الفوتوفلطية .

والفوتوفلطية ببساطة هي تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء مباشرة باستخدام « الخلية الفوتوفلطية أو الخلية الشمسية » . وتتركب هذه الخلية أساسا من رقاقة من السيليكون المشوب بالزرنيخ يعلو سطحها غشاء من السيليكون المشوب بالبورون ، ويخرج سلكان من كل من الغشاء والرقاقة يتصلان بالدائرة الخارجية (ولتكن بطارية يراد شحنها) . وعند سقوط أشعة الشمس على هذه الخلية تتحرك الشحنات الكهربائية السالبة نحو الرقاقة عبر الحد الفاصل بينها وبين الغشاء ، كما تتحرك الشحنات الموجبة نحو الغشاء ، وهكذا يتولد تيار كهربائى يمر فى الدائرة الخارجية . وحركة الشحنات الكهربائية السالبة والموجبة عبر السطح الفاصل بين الرقاقة والغشاء هى فى الواقع خاصية لبعض المواد المعروفة « بأشباه الموصلات » التى يعم استخدامها فى الدوائر الإلكترونية لتؤدى وظائف معينة ، كالترانزستور والدوائر المتكاملة .

ولقد أجريت تحسينات ضخمة فى الخلية الشمسية منذ اختراعها فى عام ١٩٥٤ حتى وقتنا الحاضر ، فارتفعت كفاءتها من ٦ فى المائة إلى ١١ فى المائة فى عام ١٩٧٢ ، ووصلت الآن إلى ما بين ١٦ فى المائة و ١٨ فى المائة . كما تجرى البحوث فى استبدال مواد أخرى بالسيليكون لرفع كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية . والمأمول أن تصل هذه الكفاءة إلى ٣٤ فى المائة مع انخفاض تكلفة الصنع .

ولما كانت القدرة الكهربائية التى تُمد بها الخلية الشمسية الواحدة ضئيلة

(حوالى ۰٫۰۱ من الواط للسنتيمتر المربع فى الشمس الساطعة) ، فتستخدم فى مركبة الفضاء آلاف من الخلايا تنشر على سطح المركبة للإمداد بالطاقة الكهربائية لشحن بطاريات النيكل والكادميوم ، وهذه البطاريات تمد الأجهزة المختلفة بالقدرة الكهربائية اللازمة لتشغيلها .

وليست الخلية الشمسية هى الوسيلة الوحيدة للإمداد بالطاقة فى مركبات الفضاء ، ولو أنها هى الوسيلة الأساسية فى الأقمار الصناعية التى تدور حول الأرض . فتستخدم خلايا الوقود للإمداد بالكهرباء . فهذه الخلايا تولّد الكهرباء فى عملية كيميائية هى اتحاد الهيدروجين والأكسيجين لتكوين الماء . فنحن نعلم من دراساتنا الأولية للفيزيقا والكيمياء أن الماء يتحلل إلى عنصريه الأكسيجين والهيدروجين بإمرار تيار كهربائى فيه ، وهذه العملية قابلة للعكس أى أن اتحاد الهيدروجين والأكسيجين لتكوين الماء يُنتج طاقة كهربائية مساوية للطاقة التى استلزمها تحررهما من الماء .

فتزود المركبة بالهيدروجين والأكسيجين المسالين فى وعاءين منفصلين . وعندما يراد توليد الكهرباء يُسمح لهما بالاتحاد كيميائيا . وتستخدم هذه الطريقة لتوليد الطاقة أساسا فى مركبات الفضاء التى تحمل بشرا .

ولقد كان مصدر الطاقة الكهربائية فى بعض مجسات الفضاء ، وفى الأجهزة والمعدات التى نقلت إلى سطح القمر وتركت هناك ، « مولدا كهرحراريا ، مصدر الحرارة فيه نظير مشع » . وربما يوحى طول الاسم بأنه مولّد معقد صعب الفهم . ولكنه فى الواقع مبنى على ظاهرة كهربائية يعرفها دارسو الفيزيقا بالمرحلة الثانوية . وهذه الظاهرة هى « ظاهرة سيبك » التى اكتشفها العالم الألمانى توماس سيبك عام ۱۸۲۱ . فلقد وجد أنه بتوصيل طرفى سلك معدنى ، وليكن حديدا مثلا ، بطرفى سلك آخر ، وليكن نحاسا مثلا ، ليكوّنا عروة مقفلة ، وتسخين إحدى الوصلتين وتبريد الأخرى (أى إيجاد فرق بينهما فى درجة الحرارة) تتولد قوة دافعة كهربائية بين الوصلتين ويمر تيار كهربائى فى العروة . وكان هذا التيار ضئيلا جدا ، فلم تجد الظاهرة طريقها إلى التطبيق العملى اللافت للنظر ، ومع هذا ، فهى مفيدة جدا فى قياس

درجات الحرارة بدقة عالية . وفى خمسينيات هذا القرن استُنبط مولّد كهربائى باستخدام هذه الظاهرة فى برنامج أمريكى أطلق عليه برنامج « الطاقة النووية المساعدة فى الفضاء » "Space Nuclear Auxiliary Power" (SNAP) ، وسمى المولد بالاسم « سناب » SNAP . ويتكون فى أبسط أشكاله من أسطوانة قائمة تحتوى فى محورها على وعاء أسطوانى به نظير مشع ، كالبلوتونيوم ٢٣٨ مثلا ، ويمتد من المحور إلى الجدار الخارجى أزواج من قضبان مصنوعة من كلوريد الرصاص ، كالأسياخ الممتدة من محور عجلة الدراجة إلى إطارها . وكلوريد الرصاص مادة شبه موصلة ، تعالَج بحيث يكون بأحد قضيبى الزوج منها فائض من الشحنات السالبة وبالآخر فائض من الشحنات الموجبة . والبلوتونيوم المشع هو مصدر الحرارة ، حيث إن عملية الإشعاع يصحبها انطلاق طاقة حرارية ، وهكذا تكون الوصلة الساخنة هى الملامسة لوعاء البلوتونيوم والباردة هى الملامسة لجدار الأسطوانة . ويلاحظ هنا أن السخونة والبرودة نسبيتان ، والمقصود أن هناك فرقا بين درجتى حرارة الوصلتين . وتصل درجة حرارة الوصلة الساخنة فى المولّد العامل إلى حوالى ٤٣٠° س(*) ، ودرجة حرارة الوصلة الباردة إلى حوالى ٥٥° س . وأزواج القضبان متصلة على التوالى لكى تكون القوة الدافعة الكهربائية النهائية هى مجموع القوى الدافعة الكهربائية المولدة فى كل زوج . ولقد استخدمت المادة شبه الموصلة للحصول على قوة دافعة كهربائية أعلى كثيرا مما تتولد من الازدواجات المكونة من فلزات موصلة .

ويُستخدم المولد « سناب » ، بوجه عام ، مصدرا للكهرباء فى الأقمار الصناعية التى تؤدى مهاما خاصة ، كالأقمار الملاحية التى تهتدى بها السفن فى البحار ، والتى يلزم بقاؤها فى مدارها سنوات عديدة ، كما سنرى فيما بعد . فهذا المولد طويل العمر حيث إن وقوده (النظير المشع) الذى يولد

(*) حرف « س » يرمز إلى درجة « سلسيوس » ، وهو الاسم الجديد للدرجة المئوية ، نسبة إلى العالم السويدى « أندرز سلسيوس » (Anders Celsius) الذى وضع المقياس المئوى لدرجة الحرارة .

الحرارة لتسخين الوصلة الساخنة له عمر نصفى طويل نسبيا . فنشاط البلوتونيوم ٢٣٨ الإشعاعى يدوم سنوات طويلة ، حيث إن عمره النصفى يبلغ ٨٩,٦ سنة . والعمر النصفى للمادة المشعة هو الزمن الذى يضمحل فيه نصف كمية المادة ، أى أن كمية البلوتونيوم ٢٣٨ المشع تنقص إلى نصفها فى ٨٩,٦ سنة . وهكذا يظل هذا المصدر عاملا مدة طويلة تزيد على العمر النصفى . هذا بالإضافة إلى أن المواد الداخلة فى تركيبه مقاومة للتآكل بدرجة عالية ، وهكذا يمكن أن يبقى هذا المولد عاملا سنوات طويلة . ولا ينحصر استخدام المولد « سناب » فى مركبات الفضاء وحسب ، بل استخدم فى الأماكن النائية على الأرض لتشغيل الأجهزة والمعدات التى توضع فى مواقع يصعب التردد عليها فى أوقات متقاربة لصيانة مولدات الكهرباء بها وتزويدها بالوقود . ويتفاوت حجم المولدات من ٥٠ سم فى الارتفاع و ٤٨ سم فى القطر إلى حوالى ١٣ سم فى الارتفاع و ١٢ سم فى القطر . وهذا النوع الصغير هو المستخدم فى الأقمار الصناعية التى تبقى مددا طويلة فى مداراتها حول الأرض لتؤدى مهمة معينة ، وتظل عاملة طوال ساعات الليل والنهار كما ذكرنا من قبل .

وتشمل الأجهزة الرئيسية التى تحملها مركبة الفضاء وسائل للاتصال بالمحطات الأرضية لنقل المعلومات عن الظروف والأحوال داخل المركبة والبيانات التى ترصدها أجهزة الرصد الخاصة المزودة بها المركبة لدراسة بعض الظواهر الطبيعية فى الفضاء أو التجارب العلمية التى تجرى داخل المركبة تحت ظروف الفضاء الخاصة التى يصعب إيجادها على الأرض ، أو لدراسة سطوح الكواكب الأخرى وفقا للهدف المحدد لرحلة المركبة . وتنقل هذه المعلومات باستخدام نظام التليمترى الذى سبقت الإشارة إليه ، عن طريق أجهزة إرسال واستقبال تعمل بموجات كهرمغنطيسية (راديوية) عالية التردد تتفاوت تردداتها من ١٠٠ إلى ٣٠٠٠ مليون هرتز (ذبذبة فى الثانية) لكى تستطيع النفاذ من أيونوسفير الأرض ، أى الطبقة المتأينة من جو الأرض .

الفصل الثالث

مركبات فضائية لمختلف الأغراض

يعج الفضاء الآن بما يزيد على الألف من مركبات الفضاء ، منها ما هو فى طريقه إلى أعماق الفضاء ، وهو النوع المعروف بمجسات الفضاء ، ومنها ما يدور حول الأرض فى مدارات محددة لأداء مهام معينة ، كالأقمار الصناعية ومحطات الفضاء ، ومنها ما ينقل البشر إلى مقاصد معينة فى الفضاء كتلك التى هبطت بركابها على سطح القمر ومكاكيك الفضاء ، أى وسائل النقل الفضائية .

ومركبات الفضاء متنوعة الأشكال والأحجام ، ويتوقف الشكل والحجم على المهمة التى تؤديها المركبة والقيود التى يفرضها الصاروخ الذى يحملها إلى نقطة الانطلاق نحو مقصدها النهائى . وليس ضروريا فى مركبة الفضاء أن يكون سطحها انسيابيا ، كما هى الحال فى المركبات الأرضية (البرية والبحرية والجوية) التى تعد انسيابية سطوحها عنصرا أساسيا فى التصميم للتغلب على مقاومة الهواء . فالفضاء ، من الناحية العملية ، خال من الهواء ، ولذا يمكن أن تتخذ المركبة أى شكل يمكنها من أداء مهمتها على الوجه الأكمل . وقد يكون شكل بدن المركبة أسطوانيا أو كرويا أو مخروطيا أو منشوريا متعدد الأوجه . ويمتد من هذا البدن هوائيات للإرسال والاستقبال اللاسلكى وسطوح منشورة تحمل خلايا شمسية لتزويد المركبة بالطاقة الكهربائية ، وغير ذلك من الأجهزة والمعدات وآلات التصوير اللازمة لجمع المعلومات التى من أجلها صممت مركبة الفضاء . وتتفاوت كتلة مركبات الفضاء من بضعة كيلوجرامات إلى عدة أطنان . ويلاحظ هنا أننا تحدثنا عن

الكتلة ولم نتحدث عن الوزن ، فالكتلة خاصية للجسم أما الوزن فينسب إلى قوة (أو مجال) الجاذبية . وحيث إن الوزن ينعدم فى المدارات ، فالتعبير بالكتلة أصبح من التعبير بالوزن .

وتصنع مركبات الفضاء عموما من مواد متينة وخفيفة كالألومنيوم والبريليوم والمغنسيوم والمواد البلاستيكية الليفية المدعمة بالجرافيت . ويغطى سطحها الخارجى بمادة ماصة أو عازلة للحرارة ، تبعا لما إذا كان المراد هو امتصاص الحرارة أو إشعاعها . وقد يكون أحد الأوجه معرضا للشمس فتصل درجة حرارته إلى بضعة آلاف من الدرجات ، فى حين أن درجة حرارة الوجه الآخر غير المقابل للشمس تقرب من الصفر المطلق (أى حوالى ٢٧٣° تحت الصفر المئوى) . ولذا فإن عزل مركبة الفضاء حراريا عن الفضاء الخارجى مهم جدا ، وتستخدم لذلك أغطية مصنوعة من عدة طبقات من الرقائق البلاستيكية ومطلية بطبقة رقيقة للغاية من الألومنيوم أو الذهب . وميزة هذه الأغطية أنها خفيفة جدا ولكنها فعالة فى عزل المركبة حراريا .

ويتوقف ما تحمله مركبة الفضاء من أجهزة ومعدات أخرى على المهمة المطلوب إنجازها . وسنتناول ببعض التفصيل المعدات والأجهزة الخاصة بمختلف المهام فى الفصول التالية ، ونقتصر فى هذا الفصل على المتطلبات اللازم توافرها فى مركبات الفضاء التى تحمل بشرا وسوف نسميها « المركبات البشرية » . وهذه المتطلبات مختلفة تماما عن المتطلبات اللازم توافرها فى المركبات التى لا تحمل بشرا . وأهم هذه المتطلبات هى وسيلة العودة إلى الأرض بسلام (انظر الفصل الخامس) .

ويجدر بنا قبل مواصلة الحديث عن هذه المتطلبات أن نناقش مسألتين قد تخطران بالبال . وأولى هاتين المسألتين هى هل هناك ضرورة حقيقية لذهاب أناس من البشر يخاطرون بحياتهم لاستكشاف الفضاء ، وقد نجح العلماء والتقنيون فى صنع آلات ومعدات بلغت غاية الدقة فى الوصول إلى المقصد المراد وجمع المعلومات المطلوبة أتوماتيا ؟ فلماذا لا يقنع العلماء والتقنيون بالجلوس أمام أجهزة التحكم والأجهزة التى تتلقى المعلومات فى محطات

المتابعة ويدعون أجهزة مركبة الفضاء تقوم بالعمل كما هو مخطط لها ؟ قد يبدو ذلك منطقيا للوهلة الأولى ، ولكن يجب ألا يغيب عن البال أن هناك فرقا شاسعا بين الآلة التى تقوم بالعمل المقرر لها مسبقا بسرعة أعظم وانتباه للتفصيلات أدق مما يمكننا عمله بحواسنا الخمس ، وبين ما يتميز به الإنسان من عقل يفكر ويستنبط وما حباه الله من بصيرة تستطيع إدراك ما يكون قد غاب عن مصمم الآلة وواضع برنامج عملها من أمور قد تكون ذات أهمية بالغة فيما يستنتج من البيانات التى تجمعها تلك الآلة . ولذا فإن العنصر البشرى المتمرس المستبصر يكوّن جزءا مهما فى استكشاف المجهول يزيد الصورة التى تأتى بها الأجهزة وضوحا ، فليس من رأى كمن سمع ! كما أن وجود إنسان مع الآلات المبرمجة مفيد للغاية ، فقد ينشأ وضع لم يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم برنامج عمل الآلة ، وحينئذ يستطيع العقل البشرى التصرف حيال هذا الوضع ، بالتشاور طبعا مع الخبراء فى محطة المتابعة . أضف إلى ذلك أن الإنسان خلق بطبعه محبا للاستطلاع ، ولدينا أمثلة عديدة لمغامرين غامروا بأرواحهم من أجل إرضاء هذه الغريزة ، وفى أحيان كثيرة جاءت هذه المغامرات بنفع عظيم للبشرية . ولا تختلف مغامرة ارتياد الفضاء عن مغامرات جوب البحار ومجاهل الأرض التى أدى الكثير منها إلى عمارة الأرض وزيادة مواردها .

أما المسألة الأخرى التى نود مناقشتها فهى عن سبب تأخر ذهاب الإنسان إلى الفضاء بضع سنوات بعد إطلاق العديد من المركبات الخالية من البشر . ونحن نعلم أن الحلم الأصلى كان هو أن يجوب الإنسان الفضاء . ولقد عنيت الدراسات الأولى ، فى المقام الأول ، بإيجاد طريقة لحمل الإنسان إلى ما وراء جو الأرض . وكان ذلك فى الربع الأول من قرننا هذا . ولم يخطر ببال رواد هذا العلم فى ذلك الوقت أن يرسلوا أجهزة لجمع المعلومات ولا أن تعرف المركبة طريقها أتوماتيا ، فلم تكن الأجهزة الالكترونية الضئيلة الحجم الدقيقة فى أدائها قد تطورت ، ولم تكن تكنولوجيا التليمترى ولا وسائل الاتصال اللاسلكية ولا أجهزة الملاحة والتوجيه الاتوماتيكية قد اتقنت . فكان اهتمامهم

فى المقام الأول هو أن يتولى الإنسان بنفسه قيادة المركبة والعودة بما يجمعه من معلومات . ثم تقدم العلم والتكنولوجيا وأطلق أول قمر صناعى « سبوتنك » فى الرابع من أكتوبر عام ١٩٥٧ ، وتبعه أقمار صناعية أخرى كثيرة خالية من البشر . ولكن صعود الإنسان إلى الفضاء تأخر عن ذلك بما يقرب من أربع سنوات . حقا لقد أمكن الاستغناء عن الإنسان فى الأعمال التقنية التى أمكن أداؤها بواسطة الآلات المتقنة الدقيقة ، ولكن لم يمكن الاستغناء عن بصيرته وعقله فى رحلات الفضاء . وكان لا بد قبل قيامه بهذه المغامرة من تأمين حياته وحل عدد من المشكلات المعينة التى قد تؤثر فيها . ومن هذه المشكلات العجلة المفرطة التى يتعرض لها فى المراحل الأولى من الإطلاق ، وانعدام الوزن ، والتعرض للإشعاع فى الفضاء ولخطر تصادم مركبة الفضاء والشهب ، ثم مشكلة العودة إلى جو الأرض . وسنتناول هنا هذه المشكلات بقليل من التفصيل ونكمل مناقشة سبل معالجتها فى الفصلين التاليين .

تأثير العجلة المفرطة :

نحن على الأرض تؤثر فينا قوى لا نشعر بها إلا إذا تغيرت بالزيادة والنقصان . فالهواء الجوى يؤثر فينا بضغط يبلغ حوالى وزن الكيلوجرام على كل سنتيمتر مربع من أجسامنا . والأرض تجذبنا نحو مركزها بقوة تكافىء القوة التى تحدث عجلة قدرها ٩٨٠ سم فى الثانية فى الثانية (العجلة هى مقدار المعدل الذى تتغير به سرعة الجسم فى الثانية) وتتخذ هذه العجلة وحدة تقاس بها العجلات ويرمز لها بالرمز « ج » ، أى أن الجسم الذى تتغير سرعته بمعدل ٩٨٠ سم فى الثانية فى كل ثانية تكون عجلته مساوية « ج » . وأجسامنا وما يجرى فيها من عمليات حيوية مكيفة للعمل تحت تأثير عجلة مقدارها « ج » . فإذا زادت هذه العجلة إلى « ٢ ج » مثلا تولد لدينا إحساس غريب ، حيث يخيل إلينا أن وزننا زاد إلى الضعف فجأة ، ويزيد هذا الإحساس مع استمرار العجلة فى الزيادة . والزيادة المفرطة فى العجلة التى يتعرض لها الإنسان تؤثر فى أجهزة جسمه ووظائفها . والصاروخ فى انطلاقه من السكون ليصل بحمله النافع إلى سرعة دورانية تقاس بعشرات الألوف من الكيلومترات

فى الساعة يتم له ذلك تحت تأثير عجلة تصل إلى ٧ أو ٨ ج . أى أن راكب مركبة الفضاء يتعرض لهذه الزيادة المفرطة فى العجلة التى تبلغ سبعة أو ثمانية أضعاف العجلة التى اعتادها جسمه . ولقد تبين من الخبرات السابقة فى الطيران الجوى أن الحد الأقصى للعجلة التى يمكن أن يتحملها الطيار قبل أن يفقد وعيه هو « ٤ ج » . ولذا وجب معالجة هذه المشكلة قبل أن يتخذ « الملاح الفضائى » مقعده فى مركبة الفضاء التى سيتعرض فيها أثناء المرحلة الأولى من الانطلاق إلى ٧ أو ٨ ج . وسنناقش فى الفصل الرابع سبل معالجة هذه المشكلة .

تأثير انعدام الوزن :

ماذا عن تأثير انعدام الوزن ؟ إن وزن أى جسم هو القوة التى تجذبه بها الأرض نحو مركزها . وقد اعتدنا أن نعبر عنه بالعدد نفسه الذى نعبر به عن كتلة الجسم . ولولا هذه القوة ، أى الوزن ، ما استطعنا المشى مطمئنين على الأرض ، ولظل الجسم معلقا حيثما نضعه . فهذا الوزن هو الذى يجعل الأجسام تسقط إلى الأرض عندما تترك حرة ، وهو الذى يجعلنا ملتصقين دائما بالسطح الذى نسير عليه . ولا يعنى « انعدام الوزن » فى الفضاء زوال قوة الجاذبية الأرضية ، فهذه القوة يمتد أثرها إلى مسافات بعيدة ، ولو أنها تقل بالبعد عن الأرض . ولعل أوضح دليل على وجودها على مسافة بعيدة هو دوران القمر الذى يبعد عنا بحوالى ٤٠٠٠٠٠ كيلومتر تحت تأثير الجاذبية الأرضية . ولكن ما يحدث هو أن مركبة الفضاء عندما تدور فى مدار حول الأرض تكون تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية . وتنشأ نتيجة لسرعتها المدارية قوة مركزية طاردة مساوية ومضادة لقوة الجاذبية ، وبذلك لا تهوى المركبة ، ولا أى شىء متحرك معها إلى الأرض ، وهكذا تصبح عديمة الوزن . ويُحدث انعدام الوزن إحساسا غريبا ، إذ أن أجهزة الجسم مكيفة لتعمل تحت تأثير الجاذبية . ولا شك فى أن الدورة الدموية وعمليتى البلع والهضم ووظيفة الأذن الوسطى التى تتحكم فى توازن الإنسان ، تتأثر جميعها بانعدام الوزن .

الوقاية من الإشعاعات والشهب فى الفضاء :

لقد أدرك العلماء منذ البداية أن مركبات الفضاء ستتعرض إلى أنواع مختلفة من الإشعاع ثبت ضررها بالإنسان على الأرض . فشدة الأشعة فوق البنفسجية التى تأتى مع ضوء الشمس أعلى كثيرا خارج جو الأرض منها عند السطح ، حيث إن طبقة الأوزون فى الاستراتوسفير تمتص الجزء الأعظم من هذه الأشعة فتصل إلينا موهنة . والانفجارات الشمسية تبعث بأشعة سينية تصل إلى المركبة غير موهنة ، هذا بالإضافة إلى الأشعة السينية المتولدة من اصطدام الالكترونيات الموجودة فى الفضاء بجدران المركبة المعدنية . كما أن هناك أشعة كونية فى الفضاء ، هذا بالإضافة إلى « حزام فان آلن الإشعاعى » الذى اكتشف عام ١٩٥٨ (انظر الفصل التاسع) .

ولقد أجريت دراسات استخدمت فيها الأقمار الصناعية الأولى الخالية من البشر ، بالإضافة إلى الدراسات التى أجريت على سطح الأرض ، ووجد أن الإشعاع لا يشكل عقبة كؤودا تعوق سفر الإنسان فى الفضاء . فقد أمكن حجب الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية الآتية من الشمس بصفائح معدنية رقيقة ، كما أن سمك جدران المركبة قادر ، بالرغم من نحافته ، على منع نفوذ الأشعة السينية المتولدة باصطدام الإلكترونات . أما الأشعة الكونية فقد وجد أنها ليست بالقدر الذى يجعل منها خطرا يهدد الركاب . وفيما يتعلق بحزام فان آلن ، فمن الممكن تفاديه بتخطيط مسار المركبة على النحو المناسب .

أما المخاوف من خطر الاصطدام بالشهب فقد بددتها الدراسات الدقيقة لأحوال هذه الشهب . وربما يكون بعضنا قد شاهد فى المتاحف الجيولوجية شهبا تتفاوت من قطع صخرية متوسطة الحجم إلى جلاميد ضخمة ، ولكن هذه لا تمثل إلا أحداثا نادرة للغاية . والعلماء يعلمون منذ سنوات طويلة أن الشهب التى تصل إلى جونا صغيرة للغاية ، كما أن الأقمار الصناعية الأولى الخالية من البشر بينت أن احتمال حدوث تصادم يسبب أضرارا ، ضعيف جدا . ووجد بالحساب أن المركبة قد تبقى فى الفضاء سنوات عديدة دون أن يصطدم بها شهاب يقرب قطره من قطر ثمرة الجوز (عين الجمل) .

أما مشكلة العودة إلى جو الأرض والهبوط في الموقع المحدد فقد أمكن التغلب عليها كما سنرى فى الفصل الخامس .

وبالإضافة إلى هذه المشكلات المتعلقة بسلامة ركاب مركبات الفضاء ، كانت هناك مشكلات أخرى متعلقة بإعاشتهم وإمدادهم بأسباب الحياة أثناء الرحلة . وسوف نناقش هذه المسائل فيما بعد في هذا الفصل .

احتياطات أخرى من أجل سلامة الإنسان :

لعل المناقشة السابقة تكون قد أوحت بما يجب أن يتخذ من احتياطات لتأمين سلامة ركاب مركبة الفضاء وما يجب أن تحتوى عليه من أجهزة ومعدات غير الأجهزة الأساسية التى تتحكم فى سير المركبة وأدائها . و« المركبة البشرية » أو« الكبسولة » مخروطية الشكل عموما فهى مخروط مبتور القمة وقاعدته غير حادة الحافة .

وتوضع هذه الكبسولة فوق الصاروخ وقمتها متجهة إلى أعلى وقاعدتها إلى أسفل ، وبذلك تكون فى وضع انسيابى مع بقية الصاروخ .

وأول احتياط للأمان هو تزويد الكبسولة بوسيلة للنجاة فى حالة حدوث خلل فى الصاروخ الدافع الضخم وهو قائم على منصة الإطلاق ، أو فى أثناء الثوانى القليلة من صعوده . فمن المحتمل أن يحترق الصاروخ أو ينفجر . ووسيلة النجاة هذه هى برج معدنى مثبت فى قمة الكبسولة ومزود بمحرك صاروخى خاص به ، يمكن أن يقوم بتشغيله رئيس فريق الإطلاق أو أحد ركاب الكبسولة من الملاحين الفضائيين ، وذلك بمجرد الضغط على زر معين ، عند الإحساس بالخطر . فحينئذ ينطلق هذا البرج الصاروخى حاملا الكبسولة بأكملها بعيدا عن الكارثة إلى مسافة مأمونة تبلغ حوالى ٦٠٠ متر ، ثم يهبط بواسطة مظلة هبوط (براشوط) فى ظروف أوفر أمانا . وضمانا للتصرف السريع فى مثل هذه الحالات الطارئة يبرمج حاسب إلكترونى لتشغيل « برج النجاة » فى الحال إذا أحس بحدوث خلل فى الصاروخ الرئيسى .

ويحتوى الجزء المتسع من الكبسولة على أرائك للركاب (اقتصرت رحلات الفضاء حتى الآن على الملاحين الفضائيين والعلماء والتقنيين) . وتصنع كل أريكة من هذه الأرائك خصيصا لكل راكب وفقا لمقاسات جسمه بحيث يستند كل جزء منه إلى الموضع المخصص له بالأريكة ، وبحيث يكون الملاح مستلقيا على ظهره ورأسه مرفوعا قليلا إلى أعلى مع ثنى الركبتين قليلا لتقليل تأثيرات العجلة المفرطة .

ولكل ملاح فضائى بدلة فضائية يلبسها أثناء الإقلاع والعودة وأثناء قيامه بمهام خارج الكبسولة وهى دائرة فى مدارها . وهى فى الواقع مركبة فضائية صغيرة تحتوى على وسائل تكفل سلامة الملاح أثناء لبسها . وتشمل هذه الوسائل هواء التنفس ، وأجهزة لضبط ضغط الهواء ودرجة الحرارة ، وهى مدرعة لتقى الملاح من الحرارة والبرودة والإشعاع والشهب الصغيرة . وبها أيضا وسيلة للتواصل . ويمكن خلع هذه البدلة داخل الكبسولة أثناء الطيران المدارى السوى التماسا للراحة . والبدلة مزودة بحساسات لرصد البيانات الحيوية للملاح كمعدل ضربات القلب ومعدل التنفس وضغط الدم ودرجة حرارة الجسم ، خاصة فى فترات الإجهاد أثناء الإقلاع والعودة إلى جو الأرض والقيام بأنشطة خارج الكبسولة . وترسل هذه البيانات تليمتريا إلى محطة المتابعة حيث يتم تحليلها .

وترتب الأجهزة والمبينات ووسائل التحكم بحيث يستطيع الملاح رؤيتها دون تحريك رأسه خاصة أثناء الإقلاع والعودة إلى جو الأرض . فالعجلة المفرطة تزيد « وزن » الرأس زيادة يصعب تحملها ، وحيث إن المشى والوقوف فى الكبسولة يصعبان فى مرحلة انعدام الوزن ، أى أثناء الحركة المدارية ، فإن ملاحى الفضاء يلبسون أحذية مغنطيسية ، كما تغطى الكبسولة من الداخل بالمماشى المصنوعة من الحديد المطاوع حتى يستطيعوا الوقوف والمشى . وهناك وسائل ميكانيكية أخرى تساعد على تقييد الأشياء فى الأماكن التى توضع فيها وتمنعها من الطفو فى كل مكان بسبب انعدام الوزن .

والكبسولة محكمة الغلق بحيث لا تتسرب منها الغازات ، وفتحة دخول

الملاحين وخروجهم مصممة بحيث لا يتسرب الهواء أثناء خروجهم ودخولهم ، فكثيرا ما يخرجون إلى الفضاء الخارجى لأداء بعض المهام أثناء الدوران فى المدار . وواضح أن الكبسولة تحمل معها الهواء اللازم لتنفس الملاحين . ونظرا لضيق المكان وعدم إمكان تزويدها بإمدادات من الهواء ، فإن الكبسولة تحمل معها وسائل للتهوية وتنقية الجو .

وحيث إن الأكسيجين الذى يوجد فى جو الأرض بنسبة الخُمس هو الغاز الأساسى الذى يحتاج إليه الإنسان فى تنفسه ، فلقد استخدم إما نقيا وإما مخلوطا بالنيتروجين أو الهيليوم . وقد استخدمت الولايات المتحدة فى رحلاتها الفضائية الأكسيجين النقى بضغط قدرة ٣٤,٥ كيلوباسكال(*) (أى حوالى ٠,٣٥ وزن كيلوجرام على السنتيمتر المربع) . أما السوفيت فقد استخدموا خليطا من النيتروجين والأكسيجين مماثلا فى تركيبه وضغطه لهواء جو الأرض عند سطح البحر . واستخدام الأكسيجين الخالص أخف فى حمله فى الكبسولة وأسهل فى تنظيمه ، ولكنه يفرض قيدا على استخدام المواد القابلة للاشتعال فى الكبسولة . ولذا فإن الولايات المتحدة تستخدم فى رحلاتها الفضائية الطويلة جوا شبيها بجو الأرض .

وتحمل الكبسولة أيضا مؤونة ركابها من الغذاء . ويجب أن يكون هذا الغذاء خفيف الوزن مع احتوائه على العناصر التغذوية التى تضمن سلامة صحة الركاب . ولقد أمكن التغلب على مشكلة وزن الغذاء فى الرحلات القصيرة التى تمت حتى الآن . ولكن هذه المشكلة تتفاقم كلما طال زمن الرحلة . فسوف تحتاج رحلة الذهاب إلى المريخ والعودة منه مثلا إلى الأطنان من الطعام والأكسيجين لكل ملاح فضائى إذا اتبعت طرق التغذية التقليدية . فالإنسان العادى يأكل ما يعادل وزنه فى عشرين يوما ، والرحلة إلى المريخ

(*) الباسكال وحدة قياس الضغط الجوى وتساوى ٠,٠١٠١ وزن جرام على السنتيمتر المربع ، أى أن الضغط الجوى عند سطح البحر يساوى حوالى ١,٠٢٤ كيلوجرام على السنتيمتر المربع .

ذهابا وإيابا تستغرق سنتين أو ثلاث سنوات . ومن المستحيل صنع صاروخ يمكنه توليد الدفع الذى يحمل كل هذه الأطنان إلى الفضاء الخارجى .

وتجرى البحوث الآن فى محاكاة دورة الغذاء المقفلة التى تمد بأسباب الحياة على الأرض . فإذا نحن أمعنا النظر لما يجرى على الأرض نجد أن الأحياء جميعها ، من بشر وحيوانات ونباتات ، تتبادل الغذاء والأكسيجين دون نقص فى الكمية الصافية للمواد الأولية . فالأحياء النباتية تمتص ثانى أكسيد الكربون الذى تخرجه الأحياء الحيوانية فى زفيرها . ويتحول ثانى أكسيد الكربون داخل النباتات إلى مواد غذائية مع إطلاق الأكسيجين الذى تستنشقه الأحياء الحيوانية . وتكتمل عملية صنع الغذاء فى النباتات بما تحتوى عليه التربة من العناصر التغذوية التى تسهم فيها فضلات الأحياء الحيوانية . وهكذا نجد أن عناصر التغذية والتنفس تدور فى دورة مقفلة بين الأحياء التى تعيش على الأرض . وإذا نحن واصلنا التأمل وتوسيع أفق تصورنا نجد أن الأرض ليست إلا مركبة فضائية ضخمة للغاية . فمحاكاة ما يجرى على الأرض داخل الكبسولة ليست بالأمر المستحيل . والمحاكاة لن تكون كاملة بطبيعة الحال ، فلن نحصل على هذا التنوع الهائل من المواد الغذائية التى تنتج فى الدورة الغذائية الأرضية . ولكن يمكن وضع نظام لتنقية هواء الكبسولة من ثانى أكسيد الكربون واستعادة الأكسيجين منه ، مع الاستفادة من الكربون الناتج فى صنع الغذاء بعمليات كيميائية وبيولوجية كيميائية ، كما يستفاد من فضلات الملاحين الفضائيين فى الإمداد بالنيتروجين والمعادن اللازمة لصنع الغذاء المتوازن . وبهذا الأسلوب يتم التخلص من ثانى أكسيد الكربون واستعادة الأكسيجين وصنع الغذاء ، بالإضافة إلى التخلص من فضلات الملاحين الفضائيين . أما ماء الشرب فيمكن الحصول عليه كمنتج ثانوى لخلايا الوقود ، التى سبقت الإشارة إليها فى معرض الحديث عن مصادر الطاقة الكهربائية .

إن الملاح الفضائى حبيس زنزانة صغيرة معلقة بين السماء والأرض . وهو مُعرَّض إلى إجهادات فسيولوجية ونفسية واجتماعية لا تزال التأثيرات التى يحدثها الكثير منها فى الرحلات الطويلة غير معروفة . ولقد روعى فى

تصميم الكبسولات وتجهيزها إيجاد جو من البهجة والطمأنينة . فالأشياء داخل الكبسولة ترتب بمهارة فى نظام يوحى بالاتساع ، والألوان المستخدمة فى طلاء الجدران تختار بدقة لكى تشيع البهجة . هذا بالإضافة إلى الرصد المستمر لأحوال كل ملاح وأداء أعضاء جسمه المختلفة لوظائفها عن طريق المحساسات الخاصة التى تنقل هذه المعلومات إلى محطة المتابعة الأرضية عن طريق التليمترى .

أما عوامل الشعور بالأمان والاطمئنان فتأتى من التصميم المتسم بالاحتياط وعدم المجازفة واتساع هامش الأمان ، وصرامة التنظيم التقنى والإدارى والتدريب الشامل للملاحين قبل القيام بالرحلة ، الذى يشمل محاكاة مختلف الظروف التى تتعرض لها الرحلة ، بحيث تتجاوز هذه المحاكاة كثيرا حدود الأمان المطلوبة . ولا عجب فى ذلك ، فالأجهزة والمعدات المستخدمة فى رحلة فضائية طويلة نسبيا ، كرحلة الهبوط على القمر مثلا ، بالغة التعقيد ، ويكفى أن نعلم أن عدد الأجزاء والقطع المستخدمة فيها يتراوح بين خمسة ملايين وستة ملايين قطعة بالإضافة إلى الكيلومترات العديدة من الأسلاك الكهربائية وآلاف الوصلات الكهربائية . هذا بالإضافة إلى وجود وفرة من الأجهزة والمعدات والأجزاء الاحتياطية التى تقوم فى الحال بعمل أى جهاز أو قطعة تعطل . ولعل أبرز الأمثلة لفائدة هذه الإجراءات الاحتياطية هو نجاة ملاحى سفينة الفضاء الأمريكية أبولو ١٣ وعودتهم سالمين بعد انفجار مستودعات أكسيجين خلايا الوقود . ففى أبريل عام ١٩٧٠ أطلقت سفينة الفضاء الأمريكية أبولو ١٣ حاملة ثلاثة ملاحين فضائيين أمريكيين للقيام بالرحلة الأمريكية البشرية الثالثة إلى القمر . ولكن الملاحين لم يتمكنوا من الهبوط على القمر وإنجاز مهمتهم ، فلقد انفجر مستودع أكسيجين خلايا الوقود بالمركبة . وكان من الممكن أن يؤدى هذا الحادث إلى تعطل المركبة تماما وهلاك الملاحين لولا أن وحدة الهبوط على القمر كانت مجهزة بفائض من الأكسيجين كإجراء احتياطى لمثل هذه الظروف ، فاستخدم هذا الفائض لتزويد المركبة الرئيسية بالطاقة والتوجيه والتسيير ، واستطاع الملاحون العودة إلى

الأرض سالمين بعد دورانهم بمركبتهم حول القمر . ولقد كان سبب الانفجار هو تعطل مفتاحين حراريين فى دائرة تسخين المستودع وعجزهما عن تنظيم درجة الحرارة التى ارتفعت ارتفاعا كبيرا أدى إلى زيادة الضغط داخل المستودع زيادة هائلة تسببت فى انفجاره .

وهكذا نجد أن دقة الصنع والعمل على رفع درجة الثقة بجميع الأجزاء التى تتكون منها أجهزة مركبات الفضاء والصواريخ الحاملة لها إلى أعلى حد ممكن أمران أساسيان للغاية فى كل ما يتعلق برحلات الفضاء . وحيث إن درجة الثقة لها حد لا يمكن تجاوزه نظرا للعدد الهائل من الأجزاء والقطع التى تتكون منها الأجهزة والمعدات ، فإن احتياط الوفرة ، أى مضاعفة الأجزاء الأساسية مع توفير الوسيلة الأتوماتيكية لاستبدال الجزء الاحتياطى بالجزء الأصلى عند تعطله ، يصبح أمرا بالغ الأهمية لا غنى عنه فى أعمال الفضاء .

ولا تقتصر استحالة الوصول بالثقة إلى الكمال على الأجزاء الميكانيكية فحسب ، بل هناك العامل البشرى ، أى الإنسان نفسه . فلا يمكن التنبؤ بتصرفات الإنسان وأدائه فى ظروف ليست له خبرة بها من قبل . ولذا استلزم عنصر الثقة الخاص بالإنسان تعريضه ، قبل ركوب مركبة الفضاء ، إلى كل ما يمكن تصوره من ظروف قد تنشأ أثناء رحلته . هذا بالإضافة إلى تزويده بالمعلومات والإرشادات التى تفيده فى معالجة ما قد يواجهه من مشاكل أثناء رحلته . وهذا ما سنفصله فى الفصل التالى .

الفصل الرابع

الإنسان يخطو إلى الفضاء خارج الأرض

خلق الله الإنسان ليعمر الأرض وخلق فيه غريزة الاستكشاف وحب الاستطلاع . ولولا هذه الغريزة وما حبا الله الإنسان به من سمع وبصر وعقل ما ازدهرت الحياة على الأرض ، وما قامت حضارات ، وما استطاع الإنسان الوفاء باحتياجاته المتزايدة من مقومات الحياة

﴿ وَٱللَّهُ أَخْرَجَكُم مِّنۢ بُطُونِ أُمَّهَـٰتِكُمْ لَا تَعْلَمُونَ شَيْـًٔا وَجَعَلَ لَكُمُ ٱلسَّمْعَ وَٱلْأَبْصَـٰرَ وَٱلْأَفْـِٔدَةَ ۙ لَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴾

(سورة النحل : ٧٨) .

ويتفاوت الناس في شدة حب الاستطلاع ، فمنهم البليد ، ومنهم من يكتفى بمعرفة ما يمكنه من تسيير أمور الحياة على نحو رتيب ، ومنهم من يؤدى به فرط حب الاستطلاع إلى المغامرة وركوب المخاطر . وتاريخ البشرية حافل بقصص هؤلاء المغامرين فى مختلف المجالات . ويرجع إلى الكثيرين منهم الفضل فيما وصلت إليه البشرية الآن من علم ومعرفة . فنحن نقرأ قصصا كثيرة عن أناس جابوا الفيافى والقفار ، وآخرين توغلوا فى الأدغال واستكشفوا مجاهل الأرض ، ولم تستعص البحار وأمواجها ولا المناطق الجليدية الشاسعة وزمهريرها على مغامرين كثيرين ، عادوا من مغامراتهم بمعلومات غزيرة مكنت البشر من زيادة مواردهم الطبيعية

والارتقاء بمستوى معيشتهم وإقامة الحضارات الواحدة تلو الأخرى . فليس بمستغرب إذن أن يتجه الإنسان نحو الفضاء ليستجلى أسراره ويفض مكنونها عله يجد فيها ما يعود على البشرية بمزيد من النفع والرفاهية . وليست مخاطر رحلات الفضاء بأعظم مما كان يبدو للأقدمين من مخاطر فى المغامرات الأرضية والبحرية والجوية وفقا لما كان متاحا لهم من إمكانات وعلم ومعرفة ، بل ربما رحلات الفضاء أقل خطرا الآن من ركوب البحر الصاخب لاستكشاف ما كان مجهولا من كوكبنا . فلقد اتسعت المعرفة وتراكمت الخبرات ، ورسخ الأسلوب العلمى فى معالجة الأمور والتنبؤ بما يمكن أن ينشأ من مشاكل واستنباط الوسائل الآمنة الفعالة للتغلب عليها .

واجتياز الإنسان حدود جو الأرض وذهابه إلى القمر وبقاؤه مددا طويلة بلغت شهورا ، معلقا بين السماء والأرض على محطات الفضاء ثم عودته سالما إلى أهله وذويه ، إنما هو مثال رائع لما يمكن أن يحققه العلم واستخدام الأسلوب العلمى فى معالجة الأمور . فلقد كان دخولنا عصر الفضاء تحديا عظيما للعلم والتكنولوجيا . وما تحقق حتى الآن يعد بجميع المعايير نصرا لقدرات الإنسان وأسلوب العمل الجماعى والتعاونى لا على مستوى أبناء الوطن الواحد بل على المستوى الدولى أيضا .

وطبيعى أن السؤال الذى يتبادر إلى الذهن عند الإقدام على استكشاف الفضاء هو ، هل يمكن أن يبقى الإنسان حيا فى الفضاء ؟ فلقد خلق الله الكون وما فيه من كائنات على نسق متوافق تتآزر فيه الكائنات الحية وغير الحية لضمان بقائها وحفظ توازن الكون . فالأرض وما يحيط بها من هواء ، وما تشتمل عليه من موارد طبيعية ، وما ينبت فيها من نباتات ويدب عليها من حيوانات تتآزر جميعا ويمد بعضها بعضا بأسباب البقاء . فلا بد للإنسان من الهواء والماء والغذاء لكى يعيش ، وجميع أجهزة جسم الإنسان تعتمد فى أداء وظائفها على الظروف التى هيأها الله فى الأرض كضغط الهواء الجوى وقوة الجاذبية الأرضية والمجالات المغنطيسية وغير ذلك من الظروف الأخرى . فهل يستطيع الإنسان الحياة فى معزل عن هذه الظروف ؟ وهل

يمكن تهيئتها فى الفضاء إذا قدر له أن يعيش فيه ؟ وما هى التأثيرات العاجلة والآجلة التى تحدثها هذه الظروف الجديدة فى سلامة صحته البدنية والنفسية وفى سلوكه وتصرفاته ؟

تهيئة البيئة المناسبة لبقاء الإنسان فى الفضاء :

كان لا بد من الإجابة عن الأسئلة السابقة وغيرها إجابة تامة ، أو مقبولة منطقيا على الأقل ، قبل المجازفة بقيام الإنسان برحلة فضائية . ولقد اتبع فى الإجابة عنها الأسلوب العلمى الملتزم لضمان عدم إغفال أى عامل مهما بدا تافها فى معالجة كل سؤال . وارتكز هذا الأسلوب على جمع المعلومات المتاحة عن كل ما يؤثر فى حياة الإنسان على الأرض من ظروف والآلية التى تعمل بها ، وإجراء البحوث والدراسات لاستكمال ما نقص من هذه المعلومات وإجلاء ما غمض منها . وكان لا بد من الحصول على معلومات واقعية ، غير مستنتجة عن الفضاء . فاستعان العلماء بالطائرات الصاروخية التى استطاعت الوصول إلى حافة الفضاء ، وبالمركبات الفضائية الخالية من البشر للحصول على هذه المعلومات . وبذلك استطاع العلماء ، بعد عمل دام أكثر من عشر سنوات ، تقدير ما يجب أن يأخذه الإنسان معه من البيئة الأرضية تقديرا مبدئيا يسمح بإرساله إلى الفضاء مددا محدودة فى بادىء الأمر ومواصلة الدراسات فى الظروف الواقعية لتأكيد ما سبق التوصل إليه واستجلاء ما لم توضحه الدراسات المبدئية .

والبيئة الأرضية التى يعتمد عليها الإنسان فى حياته متعددة المكونات . فالأرض محاطة بغلاف هوائى ، هو ما نسميه الجو ، يكون النيتروجين أربعة أخماسه تقريبا والأكسيجين حوالى خُمسه مع احتوائه على نسب ضئيلة من غازات أخرى كثانى أكسيد الكربون والهيدروجين وبخار الماء . وتبلغ كثافة الهواء الجوى أقصاها عند سطح البحر . وتقل بالارتفاع تدريجيا حتى ينعدم الهواء . ولا يوجد حد واضح يفصل بين جو الأرض والفضاء ، ولكن يمكن من الناحية العملية القول بأن جو الأرض يمتد إلى ارتفاع قدره ١٦٠ كيلومترا

فوق سطح البحر ، واعتبار هذا الحد هو حافة الفضاء . وللهواء الجوى ضغط يؤثر فى جميع الأجسام على الأرض يساوى حوالى ١٠١,٣ كيلوباسكال . ويقل هذا الضغط بالارتفاع فوق سطح الأرض . ويشعر ركاب الطائرات على ارتفاعات عالية بانخفاض الضغط الجوى بتأثيره على طبلة الأذن . فبانخفاض الضغط الخارجى على الطبلة ينبعج الغشاء إلى الخارج نتيجة زيادة الضغط الداخلى على الخارجى . والمعلوم أن جسم الإنسان يستطيع تحمل اختلال التوازن بين الضغط داخله والضغط الواقع عليه من الخارج إلى حد معين ، ولذا يجب أن ينظم ضغط جو مركبة وبدلة الفضاء بحيث يكون داخل حدود تحمل الإنسان ، ويجب أيضا أن يحتوى هذا الجو على القدر المناسب من الأكسيجين الذى يكفى للتنفس طوال المدة المقررة للرحلة ، كما ذكرنا فى الفصل السابق .

ولقد أجريت بحوث لاختيار أنسب أنواع الأغذية التى يحملها الإنسان معه . ويشترط فى هذه الأغذية أن تكون متوازنة وبكميات كافية تفى بالاحتياجات طوال الرحلة ، وأن تكون فى الوقت نفسه خفيفة الوزن لكيلا يكون وزنها على حساب الأجهزة والمعدات الأخرى التى تحملها مركبة الفضاء . ولقد ناقشنا فى الفصل السابق فكرة إعمال دورة مقفلة داخل مركبة الفضاء للتزويد بالغذاء واستعادة الأكسيجين المستنفد فى التنفس والتخلص من ثانى أكسيد الكربون الذى يخرج فى الزفير .

استكمال دراسة التأثيرات البيئية فى الفضاء الواقعى :

ليس فرط العجلة ، وانعدام الوزن ، وتغير المجال المغنطيسى وغيره من المجالات الأخرى ، والتعرض للإشعاع فى الفضاء أقل أهمية من الهواء وما له من ضغط وما به من أكسيجين أو الغذاء . ولقد تعذرت محاكاة هذه الظروف تماما فى الدراسات التى أجريت على الأرض ، خاصة محاكاة انعدام الوزن بالكيفية التى يحدث بها أثناء الدوران فى مدار حول الأرض . لذا كانت الخطوة التالية هى الارتفاع بالإنسان إلى حافة الفضاء لدراسة تأثيرات تعرضه لهذه الظروف لمدد محدودة مع اتخاذ الاحتياطات الكفيلة بسلامته . ولقد

استخدمت طائرة صاروخية لتنفيذ هذه الخطوة ، حيث إن تطوير الطائرات التى تسير بالدفع الصاروخى كان قد وصل إلى مرحلة يمكن فيها الاستفادة بتلك الطائرات فى الدراسات الفضائية .

ففى عام ١٩٦٠ تم صنع الطائرة X١٥(*) خصيصا للقوات الجوية الأمريكية لتكون معملا فضائيا . وكانت هذه الطائرة هى أولى الطائرات التى حملت أناسا من البشر إلى حافة الفضاء على ارتفاع ١٦٠ كيلومترا فوق سطح الأرض بسرعة زادت على ٦٠٠٠ كيلومتر فى الساعة ، أى حوالى خمسة أمثال سرعة الصوت فى الهواء التى تبلغ حوالى ١٢٠٠ كيلومتر فى الساعة . وتتميز هذه الطائرة بجناحيها المائلين إلى الوراء لتقليل التأثيرات المناوئة التى يحدثها اضطراب تدفق الهواء الناشىء عن السرعة فوق الصوتية فى استقرار الطائرة والسيطرة عليها ، كما تتميز أيضا بمقدمتها المستدقة الطرف كسن الرمح . وحيث إن احتكاك الطائرة الفائقة السرعة بجزيئات الهواء يولد حرارة شديدة ترفع درجة حرارة سطحها إلى أعلى من ٦٥٠° سلسيوس (مئوية) فلقد استخدم فى صنع سطح الطائرة « X ١٥ » إشابة (سبيكة) من النيكل والصلب يمكنها تحمل درجات الحرارة التى تصل إلى هذا الحد دون أن تلين . وتتم حماية أجهزة القياس والتحكم الدقيقة ، والطيار نفسه ، من الحرارة الشديدة بإمرار نيتروجين سائل درجة حرارته ـ ١٨٤° سلسيوس فى أنابيب داخل الطائرة .

ولقد صنعت هذه الطائرة ، كما أسلفنا ، خصيصا لاستكشاف الطيران على حافة الفضاء ودراسة مشكلات التحكم وغيره من العمليات الأخرى ، وتعرّف قدرة الجسم البشرى على تحمل الإجهادات الهائلة التى يتعرض لها فى

(*) يرمز الحرف "X" إلى الغرض الذى من أجله صنعت هذه الطائرة ، حيث إنها خصصت لإجراء التجارب . فالحرف "X" هو ما تبدأ به نطقا الكلمة الإنجليزية EXPRIMENTAL التى تعنى « تجريبية » . أما الرقم ١٥ فيرمز إلى تدريب هذا الطراز فى سلسلة تطوير هذا النوع من الطائرات .

الرحلات الفضائية . فبالإضافة إلى ما زودت به من أجهزة لتتبع كل عملية ، كان الطيار يرتدى بدلة فضائية ، كالتى سبق وصفها ، بها حساسات فسيولوجية لرصد درجة حرارته ، ومعدل التنفس وأداء القلب وغير ذلك من البيانات الحيوية ، التى يمكن بها دراسة ما قد يحدث من تغير فى وظائف الأعضاء والحالة الصحية عموما .

وغرفة القيادة مصممة تصميما خاصا يتيح للطيار النجاة فى الحالات الطارئة التى قد تودى بحياته . ففى هذه الحالات يتفق الطيار مع فريق المتابعة الأرضية على بدء إجراءات النجاة ، فيضغط على زر خاص لتفجير شحنة بارودية صغيرة تطيح بالسقف أولا ثم تدفع الطيار بمقعده المحكم وثاقه فيه إلى أعلى بعيدا عن غرفة القيادة . والمقعد مزود بأجنحة تحافظ على استقراره وبمظلة تكفل له الهبوط الآمن .

ولقد كانت مركبات الفضاء غير البشرية وسيلة أخرى للحصول على معلومات عن أحوال الفضاء وتأثيراتها فى العمليات الحيوية قبل القيام برحلات فضائية بشرية . فمنذ إطلاق « سبوتنك » السوفيتية تتابع إطلاق العديد من مركبات الفضاء الخالية من البشر والمزودة بأجهزة لقياس الإشعاعات والشهب وغير ذلك من الظواهر الكونية والجوية الأرضية . وحملت هذه المركبات أنواعا أحيائية مختلفة شملت الكائنات الدقيقة والنباتات وبذورها والحشرات وبيض الطيور والأسماك والفئران والجرذان والقردة ، وذلك لدراسة تأثيرات الظروف الفضائية فى بعض العمليات الحيوية .

وعلى الرغم من أن المعلومات التى حصل عليها العلماء من هذه الدراسات المبدئية لم تكن كاملة فقد كانت كافية لبدء برامج لقيام الإنسان برحلات فضائية لمدد قصيرة تأتى بالمزيد من المعلومات التى تسمح بإدخال التعديلات واتخاذ التدابير اللازمة لضمان بقاء الإنسان مددا طويلة فى الفضاء دون أن يصاب بسوء . ولقد ساعد على إسراع كل من الاتحاد السوفيتى والولايات المتحدة الأمريكية فى إرسال أناس من البشر إلى الفضاء ، تنافس البلدين على إحراز

السبق فى غزو الفضاء ، ومحاولة كل منهما إظهار التفوق العلمى والعسكرى ، والحفاظ على هيبته السياسية . وكان الهدف الرئيسى هو إحراز السبق فى إقامة قواعد فى الفضاء وعلى سطح القمر تكفل للفريق الفائز منهما التفوق العلمى والعسكرى والسياسى .

كانت النتائج المبدئية التى توصل إليها العلماء هى أن الإنسان يستطيع البقاء فى الفضاء مددا محدودة ، على الأقل ، بشرط تزويده بأسباب الحياة من مأكل ومشرب وهواء يتنفسه ، مع تدريبه على احتمال الظروف التى يتعرض لها أثناء الرحلة كفرط العجلة وانعدام الوزن وأسلوب الحياة الذى يفرضه ضيق حيز مركبة الفضاء والعزلة التامة . ونظرا لأن هذا النوع من التدريب يتطلب صفات خاصة لا تتوافر لدى الكثيرين من الناس ، فلقد اقتصرت رحلات الفضاء ، حتى الآن ، على فئة محددة من الملاحين الفضائيين والعلماء والتقنيين الذين يقدمون على هذه المغامرة طوعا . ولعل العلماء والتقنيين يستطيعون فى المستقبل محاكاة البيئة التى اعتادها الإنسان لكى تصبح السياحة الفضائية ، بل والإقامة فى الفضاء ميسرتين لمن يرغب من البشر .

اختيار ملاحى الفضاء وتدريبهم :

يُختار الملاحون الفضائيون من المتطوعين الأصحاء ذوى المهارات العالية . وبعد إخضاعهم للفحوص الطبية الصارمة والاختبارات القاسية المصممة لتقدير مستويات الذكاء والخبرة وتحمل إجهادات الطيران الفضائى ، يدربون تدريبا خاصا ليصبحوا ملاحين فضائيين يمكن أن تناط بهم مهمة اختبار المركبات الفضائية التى تصمم خصيصا للوفاء بأغراض معينة . ولقد كانت المهام التى شملها التدريب فى بادىء الأمر قليلة نسبيا ثم زادت عددا وتعقدا مع التقدم والتوسع فى البرامج الفضائية .

ويشمل التدريب محاكاة جميع الظروف التى يتعرض لها الملاح الفضائى فى رحلته . فيبدأ بتدريب الملاح على استخدام الأريكة المهيأة لتناسب جميع أجزاء جسمه ، والتى يُحكم وثاقه فيها ، والجلوس عليها فى الوضع المناسب

لتقليل تأثير فرط العجلة . أما التدريب على تحمل فرط العجلة فهو عملية مروعة تتم باستخدام مطراد ضخم يتكون من ذراع متينة طويلة نسبيا (حوالى ١٥ مترا) مصنوعة من الصلب يديرها موتور كهربائى بسرعات تصل إلى قيم عالية للغاية . فتثبت أريكة الطيار بعد إحكام وثاقه فيها فى طرف الذراع الحر وتزاد سرعة الدوران تدريجيا لتولد قوة دافعة (طاردة) مركزية . وعندما تصل العجلة إلى ٨ ج ، وهى التى يتعرض لها الطيار أثناء انطلاق الصاروخ من منصة الإقلاع وأثناء العودة إلى جو الأرض والهبوط ، يقوم الأطباء بأخذ مختلف القياسات لردود الفعل الجسمانية . ولقد ثبت من هذه القياسات أن الإنسان يمكنه تحمل عجلات تصل إلى ٢٠ ج مدة وجيزة على الرغم من أن الحد الأعلى للعجلة التى يتعرض إليها فعلا أثناء الإقلاع لا يزيد على ١٠ ج . كما ثبت أن وضع الطيار الذى تقل فيه تأثيرات فرط العجلة هو وضع الاستلقاء على الظهر مع رفع الرأس وثنى الركبتين قليلا .

وتتم محاكاة انعدام الوزن بطرائق مختلفة تعتمد على معادلة قوة الجاذبية الأرضية التى تؤثر فى الأجسام . وأنسب هذه الطرائق فى دراسة تأثير انعدام الوزن فى الملاحين الفضائيين والتدريب على اعتياده هى أن يقود الملاح طائرة فوق صوتية على ارتفاع عال نسبيا (يزيد على أربعة كيلومترات) ، وعند هذا الارتفاع يغوص بطائرته قليلا إلى أسفل ثم يرفع مقدمة الطائرة إلى أعلى مع إبطال المحرك ، فتواصل الطائرة ارتفاعها فى مسار قذفى (كالقذيفة المنطلقة من مدفع) على شكل قطع مكافىء حيث يصل إلى ذروته ثم يهبط ثانية . وتكون الطائرة ومن فيها فى حالة « انعدام الوزن » أثناء طيرانها فى هذا المسار القذفى الذى يستغرق مدة قصيرة تتفاوت من ٢٥ ثانية إلى دقيقة واحدة . وبتكرار هذا التدريب يتعلم الملاح الفضائى كيف يكيف نفسه لحالة انعدام الوزن .

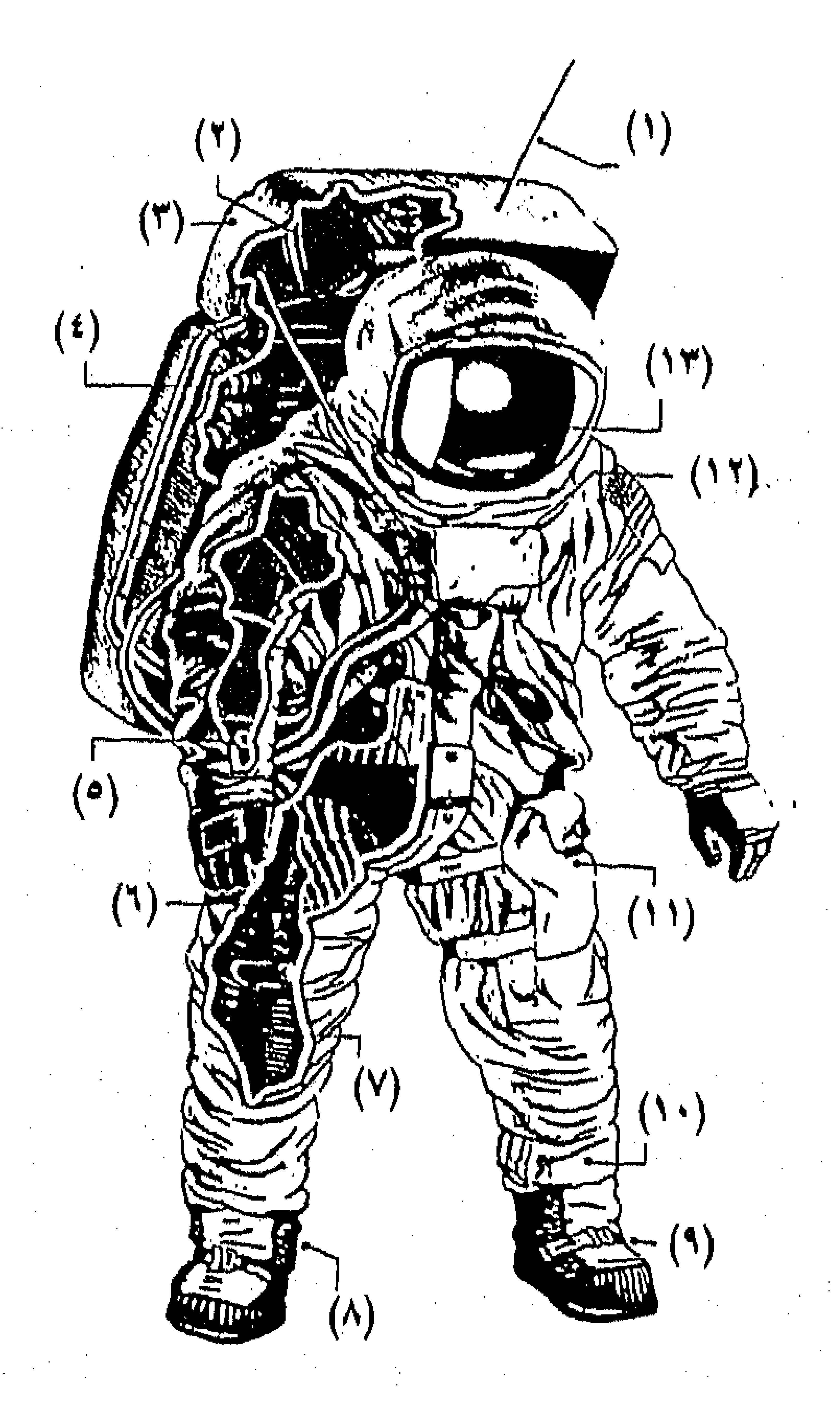
ويشمل التدريب أيضا الانتظام فى حضور مقررات دراسية فى مختلف فروع العلم المتصلة ببرامج غزو الفضاء ، كالصواريخ والرياضيات العالية المتصلة بالحسابات الفلكية والفسيولوجيا ، وغير ذلك من الموضوعات التى

تساعد الملاح الفضائى على مواجهة المشكلات التى قد تنشأ أثناء رحلته الفضائية .

ويشمل التدريب أيضا ممارسة مختلف أنواع الأنشطة الرياضية كالسباحة والعدو والانزلاق على الماء والجمباز وغير ذلك من الألعاب الرياضية ، هذا بالإضافة إلى القيام برحلات طيرانية بطائرات فوق صوتية . ومن الأمور الأخرى التى يجب توافرها فى الملاحين الفضائيين الإلمام بجميع العمليات الأساسية التى تتم أثناء انطلاق الصاروخ وطيران المركبة الفضائية ، وقد يتخصصون فى نوع معين من هذه العمليات ، كعمليات التوجيه الذاتى وما يتعلق بها من دوائر الكترونية وأجهزة ، والعودة إلى جو الأرض والتحكم فى جو الكبسولة ، وغير ذلك من العمليات التى قد تحتاج إلى تدخل الإنسان فى حالة حدوث خلل فيها . وهكذا يصبح هؤلاء الملاحون قادرين على اختبار المعدات والطرائق التى تستخدم فى أداء المهام المختلفة التى يتضمنها تنفيذ البرامج المختلفة لاستكشاف الفضاء واستخدام مركبات الفضاء فى الأغراض العلمية والتطبيقية التى تنفع الناس على الأرض . ومن أهم العمليات التى اختبرت ونجح فى أدائها واقعيا الرواد الأوائل ، القيام بمهام معينة خارج المركبة فى الفضاء ، والتقاء مركبتين فضائيتين مداريتين والتحامهما . وهذه عمليات أساسية فى مختلف برامج استكشاف الفضاء التى تهدف إلى الهبوط على الكواكب الأخرى والقمر وإلى انشاء محطات فضائية .

فلقد أثبت الإنسان بنجاحه فى القيام بأعمال خارج المركبة الفضائية (أو الأنشطة خارج المركبة . كما يسمونها) أنه قادر على العمل فى الفضاء بكفاءة ، كما ثبت أيضا أن الإنسان يمكنه التكيف لانعدام الوزن مدة قد تصل إلى أسبوعين ثم يمكنه التكيف مرة أخرى لجاذبية الأرض .

وليس الخروج من المركبة والطفو (أو المشى) فى الفضاء ، كما يسمونه ، بالأمر الصعب إذا ما قورن بينه وبين الأنشطة الفضائية الأخرى . وهو يتطلب بدلة فضائية مختلفة إلى حد ما عن البدلة الفضائية التى يلبسها الملاحون داخل الكبسولة ، حيث إنها مزودة بطبقات إضافية من مواد تقى من



بدلة ملاح الفضاء التى يلبسها للمشى فى الفضاء وعلى سطح القمر

(١) هوائى إرسال واستقبال ، (٢) خزان أكسيجين للطوارىء ، (٣) حقيبة من الزجاج الليفى تحمل على الظهر وتحتوى على مورد للهواء وجهاز تلطيف الحرارة ، (٤) جهاز إرسال واستقبال للاتصالات ، (٥) مقياس الضغط داخل البدلة ، (٦) سراويل مكيفة الهواء ، (٧) بدلة داخلية من المطاط كتيمة للهواء وتتحمل الضغط ، (٨) حذاء خارجى للمشى على سطح القمر ، (٩) أبزيم الحذاء ، (١٠) بدلة خارجية مبطنة لحماية ملاح الفضاء من الشهب ، (١١) جيب لحفظ عينات الصخور ، (١٢) وحدة التحكم فى أجهزة حقيبة الظهر ، (١٣) نافذة من البلاستيك قاتمة اللون للحماية من ضوء الشمس .

البرودة أو الحرارة الشديدتين ومن الشهب الصغيرة . ويخرج من البدلة « حبل سرى » يصلها بالكبسولة ويحتوى على أنابيب للإمداد بالأكسيجين وأسلاك كهربائية للتواصل بين كل من الملاح خارج المركبة وزميله داخلها . فالأنشطة خارج المركبة تتطلب اشتراك ملاحين أو أكثر فى الرحلة الفضائية ، لكى يبقى أحد الملاحين فى المركبة أثناء القيام بهذه الأنشطة . وبعد أن يستعد الملاح بلبس البدلة الفضائية الخاصة ، وتجهيز المعدات والأجهزة اللازمة للأنشطة خارج المركبة يخرج من نافذة خاصة روعى فى صنعها عدم تسرب هواء الكبسولة فى أثناء خروج الملاح منها .

ربما يتبادر إلى الذهن للوهلة الأولى أن الإنسان بخروجه من مركبة تسير بسرعة تقاس بعشرات الألوف من الكيلومترات فى الساعة يعرض نفسه للهلاك . فمآله ، وفقا لخبرتنا على الأرض ، هو السقوط . ولكن يجب أن لا ننسى أنه فى الفضاء حيث لا توجد رياح تعصف به ، كما أنه يدور فى مدار حول الأرض بالسرعة نفسها التى تدور بها المركبة ، وبذلك يكون هو وكل ما يحمله من أجهزة ومعدات فى حالة انعدام الوزن ، ويظل وضعه بالنسبة للمركبة ثابتا كما لو كان جزءا منها ، فكلاهما يدوران بالسرعة نفسها . بل والطريف أنه يستطيع ترتيب معداته فى الفضاء لتكون فى متناوله كما لو كانت مرتبة على نضد بجانبه . فهذه المعدات تتحرك هى الأخرى بالسرعة نفسها ولذا تبدو له كأنها ساكنة ثابتة فى مكانها . ولكنه لا يستطيع تغيير وضعه فى الفضاء إلا باستخدام صواريخ صغيرة يمكنه تشغيلها فى مختلف الاتجاهات مع مراعاة الدقة البالغة فى تحديد الاتجاه ومدة التشغيل لكى تتحقق الحركة بالقدر المطلوب .

إن طفو الإنسان فى الفضاء ، وعجزه عن بلوغ مقصده بدون أجهزة ومعدات تساعده على ذلك يدعونا للتأمل فيما أنعم الله علينا من نعم لا ينتبه لها المرء إلا إذا حرم منها . فكثيرون منا لا يخطر ببالهم تدبر ما سخّر الله لنا من قوى وبيئة طبيعية لولاها ما استطعنا البقاء على الأرض . وإحدى هذه القوى هى الجاذبية الأرضية التى لا نشعر بها إلا إذا سقطنا من مكان مرتفع .

ولكنها فى الواقع عنصر أساسى فى انشطتنا اليومية بل وفى العمليات الحيوية التى تتم داخل أجسامنا . فلولا الجاذبية الأرضية ما استطعنا المشى مطمئنين على الأرض . فنحن نمشى بمساعدة قوة الجاذبية التى تجعلنا ملتصقين بالسطح الذى نمشى عليه ، وقوة الاحتكاك بين أقدامنا وهذا السطح هى التى تمنعنا من الانزلاق . وما هذا إلا مثل واحد للعديد من التأثيرات التى تتوقف عليها الحياة على كوكبنا هذا . وليس من سبيل المصادفة أن تكون الجاذبية عموما هى الأساس فى بقاء الكون كله وانتظامه . فالمجرات والنجوم والكواكب جميعا تدور حول بعضها البعض تحت تأثير قوة الجاذبية فيما بينها ، وإذا انعدمت هذه القوة انهار الكون بأكمله . ولقد رأينا رأى العين أن القوانين التى تخضع لها هذه القوة فى أغوار الكون هى نفسها القوانين التى تخضع لها على الأرض . فجميع الحسابات التى أجريت لتحديد مسارات الصواريخ ، ومدارات المركبات الفضائية ، ومواقيت مرورها بالمواقع المختلفة ترتكز على هذه القوانين . وهذا الاتساق فى نظام الكون والبساطة التى قام عليها إبداعه ، ووحدة القوانين الفيزيقية التى تحكم هذا النظام ليس إلا دليلا بيّنا على وجود الخالق ووحدانيته

﴿ ٱلَّذِى خَلَقَ سَبۡعَ سَمَٰوَٰتٖ طِبَاقٗاۖ مَّا تَرَىٰ فِى خَلۡقِ ٱلرَّحۡمَٰنِ مِن تَفَٰوُتٖۖ فَٱرۡجِعِ ٱلۡبَصَرَ هَلۡ تَرَىٰ مِن فُطُورٖ ﴾

(سورة الملك - ٣) .

التقاء مركبات الفضاء والتحامها :

إن العملية الثانية التى يجب التدرب عليها وإجراؤها فى الفضاء هى عملية الالتقاء ، أى اقتراب مركبتين فضائيتين كل من الأخرى فى مدارين متحدى المستوى ومتساويين تقريبا بحيث يكون البعد بينهما فى حدود ١٠٠ متر . وقد تكون إحدى المركبتين هى وحدة الهبوط على القمر أو إحدى الوحدات التى

تتكون منها المحطة الفضائية . ويتم الالتقاء تمهيدا لالتحام المركبتين كل منهما بالأخرى . وإذا أريد إطلاق مركبة لتلتقى بأخرى دائرة فى مدارها ، فإن المركبة الساكنة تطلق قبل مرور المتحركة بالسمت بمدة مناسبة تُحسب بدقة متناهية ، بحيث تصل المركبتان إلى موقعين قريبين كل من الآخر فى مداريهما حيث يكون مدار المركبة المتحركة أصلا أعلى من مدار الأخرى ، وبذلك تكون سرعة المركبة الوافدة أعلى من سرعة المركبة المستقبلة ، فكلما زاد بعد المدار عن الأرض قلت سرعة الدوران ، كما أوضحنا فيما سبق . وهكذا تسبق المركبة الوافدة المركبة المستقبلة . عندئذ تستخدم الصواريخ التى تحملها المركبة الوافدة لتقليل سرعتها ومن ثم رفع مدارها ، ليقترب تدريجيا من مدار المركبة المستقبلة . والدقة أساسية فى هذه العملية ، ولذا فهى تتم بواسطة حاسب الكترونى وجهاز رادار تحمله المركبة .

وعندما تتساوى سرعتا المركبتين مع تماس مقدمة المركبة المستقبلة ومؤخرة المركبة الوافدة ، تزلق المقدمة داخل تجويف فى المؤخرة ويحكم الوثاق بحيث تصبح المركبتان وحدة واحدة تدور فى المدار الأصلى . وهذه العملية تتطلب دقة بالغة فى الصنع تكفل التوافق التام بين تجويف مؤخرة المركبة الوافدة ومقدمة المركبة المستقبلة من ناحية الشكل والأبعاد لإمكان إحكام التحام المركبتين ، هذا بالإضافة إلى الدقة البالغة فى الحسابات والتوجيه والقيادة أثناء الضبط الدقيق للسرعة والوصول إلى الوضع المناسب لإتمام الالتحام .

ولقد كان مشروع الالتقاء والالتحام والانفصال فى الفضاء هو أول مشروع تعاونى دولى بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى فى رحلات الفضاء ، وهو المعروف « بمشروع اختبار أبولو وسيوز » . ففى خلال الفترة من ١٥ إلى ٢٤ يوليو ١٩٧٥ التحمت المركبة « أبولو » الأمريكية التى كانت تحمل ثلاثة ملاحين فضائيين أمريكيين بالمركبة « سيوز » السوفيتية التى كانت تحمل ملاحين فضائيين سوفيتيين ، ودامت مدة التحامهما ٤٧ ساعة و١٧ دقيقة .

وكان هدف المشروع هو إتمام التقاء والتحام وانفصال المركبتين الفضائيتين المتباينتين من الناحية التقنية ، ومن ناحية الفلسفة التى يرتكز عليها برنامج كل منهما ، كما هدف أيضا إلى تآثر مراكز المتابعة فى كل من البلدين ، وتآثر ملاحى المركبتين . ولقد نُفذ المشروع بنجاح حيث تم اختبار نظم الالتقاء والالتحام المتوافقة المعدة للقيام بأنشطة مشتركة بين مركبات كل من البلدين ومحطاتهما الفضائية البشرية . كما انتقل الملاحون بين المركبتين واشتركوا فى أداء مهام مختلفة شملت إجراء تجارب علمية ودراسات هندسية .

ولقد استلزم المشروع بالطبع قيام كل من الطرفين بإجراء بعض التعديلات فى مركبته لكى تتوافق المركبتان فى الالتحام ، وكان استهلالا طيبا لتعاون بنّاء فى مجال استكشاف الفضاء بين الدولتين العظميين اللتين كان لهما السبق فى هذا المجال .

الفصل الخامس

العودة

ما أبهج عودة المسافر بعد سفر محفوف بالمخاطر . وما أعظم المسئولية عن تأمين حياة الملاحين الفضائيين فى أثناء الدخول فى جو الأرض والهبوط فى الموقع المحدد مسبقا لهبوطهم . ولقد رأينا فى الفصول السابقة أن الدقة البالغة فى تخطيط وإعداد الرحلة الفضائية ، وكمال صنع أجهزتها ، وارتفاع الثقة إلى أبعد حد بأداء كل جهاز ، بل وكل قطعة فيها ، وبأداء الإنسان نفسه سواء أكان طائرا فى الفضاء أم مستقرا على الأرض ، كلها أمور أساسية لاغنى عنها فى نجاح الرحلة وإنجاز المهمة المحددة لها وسلامة جميع المشتركين فيها على الأرض وفى الفضاء . وإذا كانت هذه الأمور لازمة فى جميع مراحل الرحلة فهى ألزم فى مرحلة العودة لسبب إضافى عاطفى مهم ، هو أن يكون خروج الملاحين من كبسولتهم سالمين والتلويح لمستقبليهم من الأهل والأحباب هو مسك الختام بعد قلق دام طوال ساعات الرحلة أو أيامها ، أقض الجميع خلالها فلم يطمئن بهم نوم . لذا كانت الحيطة واليقظة والدقة فى الأداء لازمة للغاية فى هذه المرحلة المحفوفة بمخاطر مختلفة قد تودى بحياة الملاحين فى لحظة النشوة بعودتهم .

ومن أهم مصادر الخطر فى مرحلة دخول جو الأرض والهبوط ، عدم الدقة فى ضبط زاوية الدخول فى جو الأرض ، والحرارة الشديدة التى تتولد أثناء مرور الكبسولة خلال الهواء بسرعة عالية للغاية ، وفرط العجلة التقصيرية التى تبطىء بها الكبسولة من السرعة المدارية العالية إلى السرعة المنخفضة التى تسبق ملامستها الأرض برا أو بحرا . ونتابع فى هذا الفصل

رحلة عودة الكبسولة وركابها بدءا من خروجها من مدارها ودخولها فى جو الأرض حتى هبوطها فى الموقع المحدد لها على البر أو على سطح البحر .

والكبسولة تطير فى مدارها من الغرب إلى الشرق ومحورها مواز للأرض ، وتدخل جو الأرض ووجهها المفرطح فى المقدمة لتبديد الحرارة الشديدة المتولدة أثناء الدخول . ويتحدد مسار الكبسولة فى جو الأرض بكل من زاوية الدخول وسرعته الابتدائيتين . وزاوية الدخول هى الزاوية التى ينحرف بها محور الكبسولة عن اتجاهه عندما تميل نحو الأرض عند نقطة دخولها فى الجو . وهى زاوية صغيرة ويجب ضبطها بدقة عالية ، ففرط كبرها يرفع حرارة الكبسولة بمعدل مرتفع لاتصمد أمامه الدروع الحرارية ولايطيقه ركاب الكبسولة ، هذا بالإضافة إلى فرط العجلة التقصيرية التى تبطىء بها الكبسولة ، الأمر الذى قد يؤدى إلى تهشمها وهلاك ركابها . وفرط صغر هذه الزاوية يؤدى إما إلى ارتداد الكبسولة فى مسار قذفى إلى الفضاء ثانية ، وإما إلى إطالة مداها وهبوطها فى مكان يبعد آلاف الكيلو مترات عن الموقع المحدد .

ونود هنا مناقشة أمرين مهمين يتوقف عليهما نجاح رحلة العودة وسلامة الملاحين الفضائيين . وهذان الأمران هما فرط العجلة التقصيرية ، والحرارة الشديدة المتولدة أثناء إبطاء الكبسولة ، حيث إن درجة الحرارة قد تصل إلى ١٧٠٠° سلسيوس أو تتجاوزها . والغلاف الجوى هو العامل الأساسى فى كبح سرعة الكبسولة وإبطائها ، بفعل قوة السحب التى يولدها . كما أن التدفق السريع لجزيئات النيتروجين والأكسيجين واحتكاكها بسطح الكبسولة يولد حرارة شديدة للغاية بمعدل سريع جدا . ويتوقف هذا التأثير الحرارى على خصائص التدفق حول المركبة . وهذا التدفق يتوقف بدوره على شكلها الهندسى واتجاه حركتها وسرعتها وارتفاعها عن سطح الأرض .

ولتقليل التأثير الحرارى يصمم وجه الكبسولة الذى تدخل به فى الجو بحيث يكون مفرطحا متماثلا وغير حاد الحافة . فهذه المقدمة تساعد على الحد من

الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة حيث إنها تحول سريان جزء كبير من طاقة الحركة إلى الهواء المتدفق وراء موجة الصدمة . ولكن ذلك لايغنى عن الحاجة إلى وقاية هذه المقدمة من ارتفاع درجة الحرارة .

وتتوقف الطريقة التى يعالج بها التأثير الحرارى وفرط العجلة على تصميم الكبسولة والأسلوب الذى يتحدد به مسارها فى رحلتها من قمة الغلاف الجوى حتى ملامستها سطح الأرض . فالكبسولات التى استخدمت فى الرحلات الفضائية الأولى ، الأمريكية والسوفيتية على السواء ، كانت مصممة ليكون مسارها فى جو الأرض بعد عودتها قذفيا . والمسار القذفى هو المسار الذى تتخذه القذيفة (أى الكبسولة) فى هبوطها تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية وسحب الهواء فقط . ويتوقف هذا المسار على السرعة الابتدائية عند قمة الغلاف الجوى ، وزاوية الدخول فى الجو . وهذان العاملان يحددان أيضا القيمة العظمى للعجلة التقصيرية التى تحدث على ارتفاع معين يتوقف على خصائص سحب الهواء . وحيث إن معدل ارتفاع درجة حرارة سطح الكبسولة يتوقف على سرعتها وارتفاعها عن سطح الأرض بالإضافة إلى شكلها الهندسى ووضعها فى الجو ، فإن العجلة التقصيرية عامل مهم فى تعيين معدلات ارتفاع درجة الحرارة أثناء العودة فى الجو الأرضى .

ويمكن التحكم فى معدلات ارتفاع درجة الحرارة بخفض السرعة الابتدائية بواسطة الصواريخ الدافعة إلى الوراء . ولكن تزويد الكبسولة بالقدر الكافى من هذه الصواريخ يزيد كثيرا من وزنها . وحيث إن الوزن الكلى مقيدا بعوامل يفرضها التصميم الهندسى للكبسولة والصاروخ الذى يحملها إلى الفضاء أصلا ، فإن هذه الصواريخ تكون على حساب أشياء أخرى لها أهميتها فى إنجاز المهمة الأساسية المحددة للرحلة الفضائية .

وبالإضافة إلى اختيار زاوية الدخول والسرعة الابتدائية المناسبتين للحد قليلا من التأثير الحرارى ، ومراعاة أن يكون وجه الكبسولة الذى تقابل به الجو الأرضى مفرطحا وغير حاد الحافة بالدرجة الملائمة لتبديد أكبر قدر من

الحرارة ، فلقد استخدمت طرائق ومواد مختلفة للوقاية من الجزء المتبقى من هذه الحرارة الذى يمكنه رفع درجة حرارة السطح إلى ١٧٠٠° سلسيوس (مئوية) ، بل وأعلى من ذلك .

ومن أهم الطرائق ، التى استخدمت للحد من ارتفاع درجة حرارة سطح الكبسولة ووقاية مابداخلها من معدات وبشر ، طريقة التلاشى . والتلاشى ، اصطلاحا ، هو زوال الطبقات السطحية لمادة ما بامتصاصها الحرارة التى تصهرها وتبخرها . ونحن نشاهد عملية التلاشى هذه فى مكعبات الجليد التى تتناقص أبعادها أثناء تعرضها للهواء . وحيث إن التلاشى هو أصلا عمليتا انصهار وتبخير ، فهو يتطلب حرارة . فلابد من تزويد المادة بقدر معلوم من الحرارة لكى تنصهر ، كما تتطلب المادة المنصهرة قدرا معلوما من الحرارة لكى تتبخر . ونحن نعلم من دراستنا لمبادىء الفيزيقا أن من الخصائص الحرارية التى تتميز بها المواد بعضها عن بعض « الحرارة الكامنة للانصهار » و « الحرارة الكامنة للتصعيد » . وعلى هذا المنوال نفسه فإن كل مادة تتميز « بحرارتها الكامنة للتلاشى » . وكذلك تتميز المواد أيضا بدرجات الحرارة الثابتة للانصهار والتبخير والتلاشى . وعلى ذلك فالتلاشى هو وسيلة لاستنفاد الحرارة المتولدة ، ووقف ارتفاع درجة الحرارة إلى ما هو أعلى من درجة حرارة التلاشى . فيغطى السطح المعرض للحرارة من الكبسولة بمادة قابلة للتلاشى يراعى فى اختيارها أن تكون حرارتها الكامنة للتلاشى كبيرة لكى تمتص أكبر قدر ممكن من الحرارة ، بالإضافة إلى خفة وزنها وانخفاض موصليتها الحرارية . ويصعب أن تجتمع هذه الخصائص على النحو الأمثل فى مادة واحدة . ولذا تجرى دراسات خاصة لكل حالة لتعيين أصغر وزن من المادة العازلة والقابلة للتلاشى التى تحفظ الكبسولة ومحتوياتها داخل الحدود الحرارية الآمنة . ودرجة حرارة التلاشى عامل مهم جدا فى اختيار المادة بالطبع ، فيجب أن تكون أقل كثيرا من درجة الحرارة المتوقعة . ويبين الجدول التالى بعض أمثلة للمواد القابلة للتلاشى .

المادة	درجة حرارة التلاشى
الكوارتز الأكريليك التفلون	٢٤٣٠° س حوالى ٢٥٠° س حوالى ٥٤٠° س

وهناك طريقة أخرى لاستنفاد الحرارة المتولدة ، وهى تدريع الكبسولة بدرع حرارية تصنع من مادة رديئة التوصيل الحرارى وسعتها الحرارية عالية (أى تحتاج إلى كمية كبيرة من الحرارة لرفع درجة حرارتها درجة واحدة) . وبالإضافة إلى ذلك يمكن أيضا وقاية الكبسولة ومحتوياتها بإمرار الماء أو أى مادة مناسبة أخرى تمتص الحرارة فى أنابيب داخل الكبسولة .

هذا ، وطرائق التبريد هذه التى ترتكز على الخواص الحرارية للمواد يشوبها عيبان أساسيان . فبالإضافة إلى التقيد بحدود الوزن الكلى المناسب للكبسولة ، فإن قدرة المواد على امتصاص الحرارة تنفد فى زمن قصير ، وعلى ذلك يقتصر استخدام هذه الطرائق على رحلات العودة التى تستغرق مدة قصيرة ، لاتزيد على عشر دقائق فى جو الأرض .

وعلى ذلك فلايمكن الاعتماد على الوسائل السابقة الذكر فى الوقاية من تأثير كل من العجلة التقصيرية والحرارة أثناء الطيران فى جو الأرض بعد العودة من الرحلات الطويلة ، كالرحلات القمرية أو الكوكبية . لذا أدخلت بعض التعديلات على تصميم مركبات الفضاء الروسية (سيوز) والأمريكية (أبولو) ومكوك الفضاء أيضا ، لتتيح إمكان إطالة مسار العودة فى جو الأرض ، وبذلك تتاح مرونة أكبر فى اختيار الموقع الذى تحط عليه المركبة ، كما تقل تأثيرات العجلة والحرارة .

وأهم هذه التعديلات هو إمكان توليد قوة ايروديناميكية تعمل ضد قوة الجاذبية الأرضية وترفع الكبسولة فى الهواء بالطريقة نفسها التى تطير بها الطائرة فى الهواء . ويمكن إحداث قوة الرفع هذه فى حالة الطائرة بجعل السطحين العلوى والسفلى للجناح غير متماثلين بحيث يكون السطح العلوى محدبا قليلا والسطح السفلى مستويا ، وتكون حافة الجناح الأمامية أغلظ من الحافة الخلفية . وعندما يميل الجناح بزاوية معينة تسمى « زاوية الهجوم » ويتحرك بسرعة عالية ينحرف الهواء إلى أعلى فوق السطح المحدب . وكلما زادت سرعة الطائرة (والجناح طبعا) زادت سرعة تدفق الهواء وانخفض ضغطه على السطح العلوى ، وفقا لقانون فيزيقى معروف ، وهكذا يصبح الضغط على السطح السفلى أكبر منه على السطح العلوى فيرفع الجناح والطائرة معه فى الهواء . وواضح أن توليد قوة الرفع يتطلب سرعة عالية وهذا ما يحدث عند إقلاع الطائرة ، حيث تبدأ إقلاعها بالسير على الأرض إلى أن تصل سرعتها إلى القدر الكافى لتوليد القوة التى ترفعها ضد الجاذبية الأرضية .

ومركبة الفضاء العائدة إلى جو الأرض عالية السرعة جدا ولكنها متماثلة هندسيا وبذلك لا تنشأ من حركتها فى الهواء قوة رفع . وعلى ذلك فكل ما يلزم لتوليد هذا الرفع هو جعل تدفق الهواء يصطدم بالمركبة فى غير تماثل لإحداث فرق بين الضغطين أعلى وأسفل المركبة كما هى الحال فى جناح الطائرة . ويمكن تحقيق ذلك بزحزحة مركز ثقل المركبة عن مركز الضغط الايروديناميكى بمقدار معين ، وهكذا يصطدم الهواء المتدفق بالمركبة فى غير تماثل ، وتنشأ قوة رفع مضادة لقوة الجاذبية الأرضية كتلك التى تعمل على رفع الطائرة فى الجو وطيرانها على الارتفاع دون أن تهوى إلى الأرض . ويتم التحكم فى مقدار هذه القوة واتجاهها بواسطة الحاسب الإلكترونى المرتبط بنظام التوجيه فى مركبة الفضاء . وواضح أن استخدام قوة الرفع فى رحلة العودة خلال جو الأرض يسمح بهبوط تدريجى أبطأ من الهبوط القذفى ، وبذلك تقل قوى العجلة التقصيرية التى تؤثر فى المركبة وركابها . كما أن

إمكانية الهبوط السلس والتحكم في سرعة المركبة واتجاهها وارتفاعها تزيد من دقة إصابة الهدف والحط فى البقعة المحددة من قبل . أضف إلى ذلك أن استخدام قوة الرفع يزيد من إمكانية التحكم فى درجة الحرارة ، إذ يمكن تغيير هذه القوة للتحكم فى الارتفاع والسرعة . ويتفاوت زمن الهبوط خلال الجو من ٣٠ دقيقة إلى ساعتين وفقا لمواصفات المركبة التى يتحدد بها تأثير سحب الهواء فيها . وزمن الهبوط الطويل نسبيا هذا يبطل جدوى استخدام التلاشى أو التبريد اللذين تتوقف فعاليتهما على الزمن .

ويكفى لتبديد الحرارة فى الهبوط بالرفع أن يكون السطح الخارجى للكبسولة عالى الكفاءة فى إشعاعه الحرارة ، فيشع معظم ما يمتصه من الحرارة حتى يصل إلى درجة حرارة معينة يتساوى عندها ما يمتصه وما يشعه من الحرارة .

ولتخفيف شدة اصطدام الكبسولة بالسطح الذى تحط عليه برا أو بحرا تنشر مظلات هبوط وهى مطوية عندما تصل الكبسولة إلى ارتفاع معين ، ثم تفتح هذه المظلات عندما تهبط الكبسولة إلى ارتفاع أقرب نسبيا إلى الأرض . فعلى سبيل المثال ، كانت سرعة المركبة الفضائية الأمريكية عند اقترابها من حافة جو الأرض فى رحلة عودتها من القمر حوالى ٤٠٠٠٠ كيلو متر فى الساعة . وعندما وصلت هذه المركبة إلى ارتفاع قدره تسعة كيلو مترات من سطح الأرض ، كانت سرعتها قد انخفضت إلى حوالى ١٢٠٠ كيلو متر فى الساعة ، أى إلى سرعة الصوت ، وحينئذ نشرت مظلات الهبوط وهى مطوية فى الجو . وعندما هبطت الكبسولة ستة كيلو مترات أخرى ، فتحت المظلات تماما ، وواصلت الكبسولة هبوطها إلى أن ارتطمت بمياه المحيط الأطلنطى بسرعة قدرها ٣٥ كيلو مترا فى الساعة .

وبينما يفضل الأمريكيون المحيط الأطلنطى موقعا لهبوط مركباتهم الفضائية العائدة من رحلاتها ، يتخذ الروس من سهول سيبيريا موقعا لهبوط مركباتهم الفضائية . وفى جميع الحالات يتابع العاملون فى مراكز المتابعة والمراقبة خط سير المركبة العائدة ، ويعلمون مسبقا موعد وموقع هبوطها .

وعلى ذلك توضع الطائرات الهليكوبتر ، والقوارب البحرية وسفن الإنقاذ ، أو وسائل النقل الأخرى على أهبة الاستعداد للإسراع إلى الكبسولة فور هبوطها لاستقبال العائدين المظفرين وقد بدت على وجوههم تعبيرات تفصح عن مشاعر مختلطة من الفرح بالعودة والزهو بالنصر والإعياء الشديد من تأثير فرط العجلة التقصيرية ، وربما بقية من فزع أحاط بهم أثناء رحلتهم ، وعند دخولهم جو الأرض فى عودتهم .

الفصل السادس

وثبات على سطح القمر

كانت السماء قبلة الإنسان منذ بدء خلقه ، يتطلع إليها فيسحره بهاء نجومها وكواكبها ويهتدى بنجومها فيبلغ بهديها مقاصده ، ويحيره أمرها فيتوق إلى الكشف عن أسرارها . فلا عجب إذن أن تحظى الأجرام السماوية باهتمام العلماء منذ فجر التاريخ . فعلم الفلك من أقدم العلوم الطبيعية التى شغل بها العقل البشرى . ولقد كشف العلماء عن الكثير من أسرار الكون بما اخترعوه من مناظير وأجهزة بصرية وإلكترونية تمدهم بمعلومات وتفصيلات وفيرة عن الكون جملة ، وعن مفردات مكوناته من مجرات ونجوم وسدم وكواكب وما إلى ذلك . ولكن على الرغم من غزارة ما حصلوا عليه من معلومات فلا تزال هناك أسئلة تدور فى أذهانهم تعجز أجهزتهم الأرضية عن الإتيان بإجابات يقينية عنها ، على الرغم مما وصلت إليه تلك الأجهزة من الدقة وما أحرزه العقل البشرى من طفرات تكنولوجية مذهلة فى تطويرها . ويعتقد العلماء الآن أن أهم العوائق التى تحد من إمكانات الأجهزة الأرضية هو الغلاف الجوى المحيط بالأرض الذى يحجب بعض التفصيلات ويحرف البيانات التى ترصدها الأجهزة .

المجسات الفضائية :

ما إن لاحت بوادر إمكان النفوذ من جو الأرض والانطلاق إلى مقاصد بعيدة فى الفضاء حتى سعد العلماء بما أتيح لهم من وسيلة تمكنهم من دراسة

الأجرام السماوية عن كثب ، ووضعت الخطط لإرسال مجسات فضائية إلى مختلف الكواكب ، بل حتى إلى مسافات قريبة من الشمس . والمجس الفضائى هو الحمل النافع لصاروخ يصمم خصيصا لدفعه إلى المقصد المحدد له فى الفضاء كالقمر ، أو أحد الكواكب الأخرى ، أو حتى ما هو أبعد فى أغوار الفضاء . وهذا الحمل النافع مركبة فضائية غير بشرية ، يتفاوت وزنها من بضعة كيلو جرامات إلى عدة أطنان ، ومزودة بالأجهزة العلمية المصممة لجمع المعلومات عن الكواكب فيما يتعلق بتركيبها ونوعيات صخورها وتربتها وتضاريسها وأجوائها ، وما إذا كان بها كائنات حية ، وما إلى ذلك من معلومات يمكن أن تسهم فى زيادة فهم الإنسان للكون الذى يعيش فيه .

ويمكن أن تُخطط رحلة المجس الفضائى بقصد الجولان فى أعماق السماء لاستكشاف فضاء ما بين الكواكب وما به من مجالات مغنطيسية وأشعة كونية وجسيمات شهبية وما إلى ذلك . وقد يكون القصد هو الاقتراب من كوكب أو الدوران فى مدار حوله لاستكشاف خصائصه وقياسها ، أو الهبوط على سطحه لإجراء تحاليل كيميائية للتربة ، والبحث عن كائنات حية من أى نوع أو عن المواد والظروف التى يمكن أن تمد بأسباب الحياة .

ويتوقف تصميم المجس الفضائى على المهمة المحددة له . وهو بوجه عام مركبة فضائية مزودة بجميع المعدات والأجهزة التى تكفل عدم خروجها عن المسار المحدد لها ، وتلك التى يمكنها الكشف عن الظواهر المختلفة المراد دراستها وقياسها وكذلك التى يمكنها إجراء التحاليل الكيميائية المطلوبة ، وذلك بالإضافة إلى مصدر الطاقة الذى يضمن بقاء هذه الأجهزة عاملة طوال المدة المحددة للرحلة ، ونظام التليمترى الذى ينقل البيانات والمعلومات التى تجمعها أجهزة الكشف المختلفة إلى محطة المتابعة الأرضية . ويدعم ذلك كله حاسب إلكترونى ونظام تواصل عالى الكفاءة لإرسال البيانات الخاصة بسلوك المركبة ومعدات تسييرها إلى محطة المتابعة الأرضية وتلقى التعليمات منها وتنفيذها . وقد تحمل المركبة مجموعة متكاملة من الأجهزة لتتركها فى مكان محدد على سطح كوكب ما أو قمر من أقماره لرصد ظاهرة معينة وتسجيلها . ومن

المجسات الفضائية ما يعود إلى الأرض حاملا بعض العينات ، ومنها ما يتهشم عند اصطدامه بالهدف ، ومنها ما يظل سابحا فى الفضاء .

وهكذا نرى أن المجس الفضائى معقد للغاية ويستلزم تصميمه وصنعه تضافر العقول والخبرات والمهارات فى مختلف المجالات العلمية والهندسية والتكنولوجية . فالأجهزة والمعدات كثيرة جدا ومعقدة ومتشابكة ، ويلزم أن تكون عالية الكفاءة للغاية فى أدائها وأن تكون خفيفة الوزن وصغيرة الحجم إلى أدنى حد ممكن ، حيث إن وزن المركبة الكلى وحجمها محكومان بقدرة الصاروخ الذى يدفعها إلى الفضاء . وللدفع الصاروخى حد أعلى تفرضه عوامل تكنولوجية واقتصادية مختلفة ، ولذا فإن حسن تنسيق هذه الأجهزة والمعدات داخل الحيز المحدود المتاح أمر أساسى للغاية .

وتستخدم الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى طرزا متنوعة من المجسات الفضائية وفقا للمهام المراد إنجازها . ومركبات كل طراز التى تستخدم فى الرحلات المتتابعة متشابهة فى التصميم ، وقد يجرى فيها بعض التعديلات وفقا لما توحى به النتائج التى تأتى بها تلك الرحلات . ولنا عودة فيما بعد إلى بعض هذه الطرز ومهامها فى برامج كل من البلدين اللذين احتلا الصدارة فى مجال غزو الفضاء . ولنتابع الآن رحلات الإنسان نفسه إلى الفضاء وبلوغ مقاصده فيه .

الإنسان يصعد فى الفضاء :

كانت زيارة القمر هى الحلم الذى راود الناس وكتاب قصص الخيال العلمى قبل أن يستطيع الإنسان الفكاك من أسر الجاذبية الأرضية والانطلاق فى الفضاء . ولاعجب فى ذلك ، فللقمر مكانة خاصة لدينا ، اتخذناه رمزا للجمال ، واستلهم منه الشعراء والأدباء حلو الكلام . ولكن مكانة القمر العاطفية لم تكن هى فى الواقع السبب الحقيقى لإعطاء الرحلات البشرية إلى القمر الأولوية فى البرامج الفضائية منذ البداية . فهناك أسباب علمية وسياسية واقتصادية كثيرة جعلت المنافسة تحتدم بين الفريقين الأمريكى والسوفيتى ،

كل منهما يسعى لإحراز السبق فى الوصول إلى القمر ، تسانده القوى السياسية والعسكرية فى بلده . فالقمر هو أقرب الأجرام السماوية إلى الأرض ، حيث إنه يدور حولها فى مدار يصل فيه عند الأوج إلى مسافة تبلغ حوالى ٤٠٤٣٣٠ كيلو مترا ، وإلى حوالى ٣٥٤٣٤٠ كيلو مترا عند الحضيض ، ويبلغ متوسط بعده عن الأرض حوالى ٣٨٢٠٠٠ كيلو متر . وهذه المسافة أقل من عُشر بعدنا عن الزهرة - وهى أقرب الكواكب منا - عندما تصل إلى حضيض مدارها . ونظرا لقربْ القمر نسبيا من الأرض ، والأمل فى إمكان إنشاء خطوط نقل منتظمة بينهما ، واحتمال وجود وفرة من المعادن والخامات التى أوشك مالدينا منها فى الأرض على النفاد ، فليس بمستغرب أن نفكر فى القمر بوصفه امتدادا طبيعيا لمواردنا الطبيعية . ويرى العلماء أن القمر موقع مثالى لإقامة مراصدهم . فصفاء فضائه وخلوه من الجو يرفع كفاءة مناظيرهم وأجهزتهم عدة أضعاف بحيث يمكنهم الحصول على معلومات خالية من التحريف والتوصل إلى اكتشافات لاحد لها .

والقمر كما نعلم ليس له جو محيط به ، فلا هواء ولا رياح ولا مطر ولا ماء يجرى على سطحه ، وهذه جميعا عوامل تعرية كان من الممكن أن تحدث تغيرات فى سطحه وتكويناته ومعالمه . وهكذا ، فالأرجح أن القمر ظل بلايين السنين على حاله منذ نشأته دون تغيير . ولقد سعد العلماء بالفرصة التى تتيح لهم تفحص هذا السجل الصادق لتاريخ القمر عساهم يستشفوا منه الإجابات عن بعض الأسئلة المحيرة فيما يتعلق بنشأة المجموعة الشمسية كلها .

كما وجد العلماء والتقنيون أن الوصول إلى القمر يتيح لهم إمكانية إقامة منصات على سطحه لإطلاق مجسات تستطيع الوصول إلى أغوار بعيدة فى الفضاء ، حاملة أضعاف الأجهزة والمعدات بأوزان تفوق كثيرا أوزان الأحمال النافعة التى يتعذر على أضخم الصواريخ الحالية إطلاقها من الأرض . فكتلة القمر تساوى ٠,٠١٢ من كتلة الأرض وقطره يساوى تقريبا ربع قطرها ، وحيث إن قوة الجاذبية تتناسب طرديا مع الكتلة وعكسيا مع مربع نصف

القطر ، فإن قوة الجاذبية القمرية تساوى سدس قوة الجاذبية الأرضية ، أى أن ما يزن ٦٠ كيلو جراما على سطح الأرض يبلغ وزنه عشرة كيلو جرامات فقط على سطح القمر . وإذا استطاع المرء أن يصل إلى ارتفاع قدره متر عندما يثب إلى أعلى على سطح الأرض ، فإن هذه الوثبة نفسها ترفعه ٦ أمتار فوق سطح القمر . وهكذا نجد أن السير على القمر أقرب إلى الوثب منه إلى المشى المطمئن ، وحيث إن سرعة الإفلات من مجال الجاذبية تتوقف على قوة الجاذبية نفسها ، فإن سرعة إفلات مركبة الفضاء من مجال جاذبية القمر تساوى سدس سرعة الإفلات من جاذبية الأرض . وعلى ذلك فإن إطلاق المركبات الفضائية من سطح القمر يتطلب قوة دافعة أقل كثيرا مما يتطلبه الاطلاق من سطح الأرض ويتيح إمكان زيادة الحمل النافع ، فيمكن بذلك مضاعفة المهام التى تقوم بها المركبة فى الرحلة الواحدة .

وإذا أضفنا إلى هذه الاعتبارات اعتبارا سياسيا مهما هو إظهار التفوق العلمى والتكنولوجى والحفاظ على هيبة البلد الذى يحرز السبق ، نجد أن كلا الفريقين المتنافسين كان لديهما المبررات الكافية لكل ما بذل من جهود وأموال باهظة لإحراز السبق فى هذه المباراة الفضائية .

إن القمر مكان موحش لم تطأه قدم إنسان من قبل . وعلى الرغم من المعلومات الكثيرة التى يعرفها الفلكيون عن سطح القمر ، فهناك تفصيلات كثيرة لم تستطع المناظير الفلكية ولا الحزم الرادارية الكشف عنها . ولم يكن من الحكمة الإقدام على المغامرة وإرسال بشر إلى مكان لا تتوافر معلومات كافية عن طبيعته وعن مواطن الخطر فيه . فهل غطاء سطح القمر الترابى نحيف أم سميك ؟ وهل السطح صلد أم رغوى ؟ وهل يغوص الإنسان فى الطبقة السطحية عندما يهبط عليه ؟ وإذا غاص فما المدى الذى يصل إليه ؟ وما هو أنسب موقع يهبط فيه الإنسان بسلام ؟ إن هذه الاسئلة ليست إلا أمثلة للأسئلة الكثيرة التى كان لابد من معرفة الإجابة عنها يقينا قبل القيام برحلة قمرية بشرية .

الإعداد للهبوط على القمر :

لقد أتبع كل من السوفيت والأمريكيين الأسلوب نفسه تقريبا فى الحصول على المعلومات المطلوبة . فبدأ كل من الفريقين يرسل مجساته الفضائية فى رحلات متتابعة للإتيان بمعلومات محددة فى كل رحلة . ولكن السوفيت اقتصروا على إرسال المجسات ، فى حين أن الأمريكيين واصلوا الاستكشاف بالمجسات وتدريب الملاحين الفضائيين وتجربة المركبة الفضائية التى أعدت للرحلة القمرية قبل تنفيذ الرحلة الأولى فعلا ، ونجح ملاحوهم الفضائيون ، فى النهاية ، فى الهبوط بأنفسهم على سطح القمر سالمين ، والسير وثبا عليه وإجراء التجارب العلمية وجمع بعض العينات من الصخور والتربة بأنفسهم ، ثم عادوا إلى الأرض سالمين ، وكرروا رحلاتهم إلى القمر عدة مرات بعد ذلك .

لقد كان السوفيت أسبق من الأمريكيين فى بدء برنامجهم القمرى ، إذ أنهم بدأوه بإطلاق المجس الفضائى « لونا ٢ » نحو القمر ، فى ١٢ سبتمبر ١٩٥٩ ، فاصطدم به اصطداما عنيفا فى المنطقة المعروفة « ببحر السكون » . وبعد أقل من الشهر نجح السوفيت فى إرسال « لونا ٣ » الذى دار فى مدار حول القمر ، والتقط صورا لجانبه الآخر الذى لا نراه وهو على بعد ٦٠٠٠٠ كيلو متر منه . ويجدر بنا ، بهذه المناسبة ، أن نذكر أننا لا نرى من القمر إلا الجانب نفسه دائما ، أما الجانب البعيد فلم تتح لنا رؤيته فى أى وقت قبل الحصول على الصور التى التقطها المجس الفضائى « لونا ٣ » . والسبب فى أن القمر يواجهنا بالوجه نفسه دائما هو أنه يدور حول نفسه بالسرعة نفسها التى يدور بها حول الأرض وفى الاتجاه نفسه ، وعلى ذلك فإن القمر يواجهنا بالوجه نفسه تقريبا دائما . وهكذا أمدنا « لونا ٣ » بمعلومات لم تكن متاحة لنا من قبل عن القمر . فتبين لنا أن الجانب البعيد خال تقريبا من المساحات القاتمة التى نشاهدها على الجانب المرئى منه ، وتكثر فيه الجبال والفوهات البركانية . وربما يوحى اختلاف جانبى القمر فى التضاريس بأن للأرض تأثيرا فى تشكيل سطح القمر . وتوالت رحلات المجسات الفضائية السوفيتية

التى دارت حول القمر ، أو هبطت عليه هبوطا هينا والتقطت صورا تليفزيونية لسطحه . وفى سبتمبر ١٩٧٠ نجح السوفيت في إنزال المجس الفضائى « لونا ١٦ » سليما على سطح القمر ، وإعادته إلى الأرض حاملا وعاء محكم الغلق به عينة من التربة تم الحصول عليها بحفر ثقب فيها . ولمْ يمض شهران على ذلك حتى أنزل المجس « لونا ١٧ » عربة فى هوادة على سطح القمر أمكن تسييرها بالتحكم من بعد فقطعت حوالى عشرة كيلو مترات خلال عشرة أيام قمرية ، بثت فيها صورا تليفزيونية وبعض البيانات العلمية . وتبع ذلك العديد من الرحلات القمرية السوفيتية التى دارت فيها المجسات حول القمر حاملة عينات بيولوجية ، وجاءت بمزيد من الصور والبيانات العلمية إلى الأرض .

إن قصة نجاح السوفيت في الوصول إلى القمر والإتيان بعينات من تربته وإجراء التجارب البيولوجية فى البيئة القمرية مليئة بالأحداث المثيرة المبهرة . ولكن التعامل فيها كان مع أجهزة ومعدات تعمل آليا وفقا لبرامج معدة مسبقا كما يمكن التحكم فيها من بعد . وعلى الرغم مما احتوت عليه هذه القصة من إنجازات علمية وتكنولوجية رائعة ، فقد نظر إليها الرجل العادى بوصفها حلقة أخرى من حلقات التقدم فى استكشاف الفضاء . أما قصة الأمريكيين فقد احتوت على العنصر البشرى بالإضافة إلى الإنجازات العلمية والتكنولوجية . ولقد أكسبتها المغامرة البشرية بريقا بهر العالم أجمع وجعل منها أسطورة تتناقلها الأجيال ، وآية لما أودعه الله فى الإنسان من قدرة تمكنه فى الأرض ليعمرها وليضيف إلى مواردها ما يستطيع الإتيان به من خارج جوها ضمانا لاستمرار ما حققه من تقدم ورفاهة عليها . ونوجز فيما يلى المنهجية التى اتبعها الأمريكيون لتحقيق هدفهم مع تجنيب رجالهم أى سوء يحتمل أن يلحق بهم فى هذه المغامرة .

بدأ الأمريكيون مغامرتهم القمرية على النهج نفسه الذى بدأ به السوفيت ، فأرسلوا مجسات فضائية من ثلاثة طرز فى بضع رحلات إلى القمر . وكان أول هذه الطرز هو « رينجر » (الطوّاف) ، الذى أطلق فى سبع رحلات ناجحة بدءا من عام ١٩٦١ حتى منتصف عام ١٩٦٥ .

وتضمنت أجهزة هذا المجس آلات تصوير تليفزيونية لتصوير سطح القمر من مسافات قريبة منه نسبيا قبل سقوطه على السطح واصطدامه به . أما الطراز الثانى « سرفيور » (المسّاح) الذى بدأ برنامجه فى مايو ١٩٦٦ ، فقد صمم ليهبط هبوطا لينا على سطح القمر ، ولم تقتصر مهامه على التصوير التليفزيونى السطحى من منطقة هبوطه فحسب ، بل شملت أيضا الكشف عن العناصر الكيميائية المكونة للتربة السطحية فى موقع هبوطه . والجدير بالذكر أن الطريقة التى استخدمت للكشف عن العناصر فى التربة كانت طريقة فذة ارتكزت على أسس فيزيقية لا على الأساليب الكيميائية المعتادة . فلقد كان الأساس فى هذه الطريقة هو قياس استطارة جسيمات ألفا من نوى الهدف المعرض لها فى اتجاه معين ، حيث إن زاوية الاستطارة تتوقف على العدد الذرى للنواة الهدف ، أى على العنصر الذى تنتمى إليه هذه النواة . وهذه الطريقة عالية الكفاءة فيما يتعلق بالأعداد الذرية الكبيرة ، أى للذرات الثقيلة . أما الذرات الخفيفة ذات الأعداد الذرية الصغيرة التى تضعف استطارة جسيمات ألفا منها ، ويزيد فى الوقت نفسه حدوث تفاعل نووى بينها وبين هذه الجسيمات تنتج منه بروتونات بطاقات معينة ، فقد تم الكشف عنها بقياس طاقات هذه البروتونات . ولايتسع المقام هنا لشرح تفصيلات الأجهزة المستخدمة فى هذه الطريقة ، فهى مألوفة لدى علماء الفيزيقا النووية ، ويمكن أن تعمل أتوماتيا وفق برنامج حاسب إلكترونى محدد . ولقد روعى فى رحلات « سرفيور » الخمس أن يهبط فى مناطق مختلفة من سطح القمر ، فهبط فى منطقة جبلية مرة وفى مناطق منبسطة مرات أخرى ، ووجد أن هناك اختلافات فى تركيب التربة والبنية السطحية وتشكلها .

وكان « الطوّاف المدارى القمرى » هو ثالث طرز المجسات الأمريكية التى أرسلت لاستكشاف القمر . ولقد صمم خصيصا لوضع وحدة تصوير تليفزيونية فى مدار حول القمر . وكان المدار على شكل قطع ناقص بلغ بعده عن سطح القمر عند الحضيض ١٩٣ كيلو مترا ، وعند الأوج ١٨٥٠ كيلو مترا . ولقد أرسل هذا الطراز فى خمس رحلات كانت أولاها فى أغسطس ١٩٦٦

والأخيرة فى سبتمبر ١٩٦٧ ، واقترب فى إحدى الرحلات إلى مسافة قدرها ٤٥,٩ كيلو متر . أما نتاج هذه الرحلات فكان عددا كبيرا من الصور تم على أساسها اختيار خمسة مواقع ملائمة لهبوط ملاحى المركبة الفضائية « أبولو » فيما بعْد .

اختلاف أولويات السوفيت والأمريكيين فى الفضاء :

لقد كانت برامج السوفيت والأمريكيين الاستكشافية بالمجسات متزامنة تقريبا ومتشابهة إلا فى بعض التفصيلات التقنية ، وكذلك كانت برامج البلدين لتدريب ملاحيهما الفضائيين على مختلف عمليات الالتقاء فى الفضاء والالتحام وإجراء الأنشطة خارج المركبات الفضائية فى أثناء قيامهم برحلات فضائية واقعية طالت مددها تدريجيا من عدد من الدقائق إلى بضع ساعات إلى عدة أيام فى الفضاء . ويبدو أن أولويات وفلسفتى السوفيت والأمريكيين فى برامجهما الفضائية كانت مختلفة . فبينما قصر السوفيت برامجهم البشرية حتى الآن على إقامة محطات فضائية فى مدارات قريبة نسبيا من الأرض ، وضع الأمريكيون الرحلات البشرية إلى القمر على قمة الأولويات فى برامجهم .

البرنامج السوفيتى :

استلزم تحقيق أهداف برامج الرحلات الفضائية البشرية فى كل من الاتحاد السوفيتى والولايات المتحدة الأمريكية تطوير المركبات الفضائية البشرية والصواريخ اللازمة لدفعها إلى مقاصدها فى الفضاء . ولقد تم ذلك على ثلاث مراحل فى كل من البلدين انتهت بهبوط الإنسان على القمر ، وإقامة محطات فضائية مدارية ، وتطوير مكوك الفضاء الذى بدأ به « نظام النقل الفضائى » . وتضمنت المراحل السوفيتية تطوير المركبة الفضائية « فوستوك » (أى الشرق) ، التى صممت لتحمل ملاحا فضائيا واحدا فى رحلات قصيرة ، وبلغ وزنها ٤٧٥٠ كيلو جراما . ولقد أطلق ست مركبات من هذا الطراز حملت كل منها ملاحا فى رحلة فضائية طالت مدتها على التوالى من أقل قليلا من

الساعتين إلى حوالى خمسة أيام ، وذلك فيما بين عامى ١٩٦١ و ١٩٦٣ . وفى المرحلة الثانية أدخلت تعديلات جوهرية على « فوستوك » لتصبح « فوسخد » (الصعود) التى أطلق اثنتان منها ، الأولى فى أكتوبر ١٩٦٤ حاملة ثلاثة ملاحين فضائيين والأخرى فى مايو ١٩٦٥ حاملة ملاحين فقط ، كان أحدهما هو أول إنسان يخرج من المركبة ليسبح فى الفضاء . ولقد بلغ وزن « فوسخد » الأولى حوالى ٥٢٨٠ كيلو جراما ، أما الثانية فكان وزنها حوالى ٥٦٤٠ كيلو جراما . أما الرحلة السوفيتية الثالثة فكانت المركبة « سيوز » (الاتحاد) التى احتوت على أجهزة ومعدات أكثر تقدما سمحت ببقائها مددا طويلة فى مدارها حول الأرض . وهى مكونة من ثلاث وحدات ملتحمة بعضها ببعض حيث توجد مركبة الهبوط فى الوسط ، وعلى جانبيها المركبة المدارية ووحدة الأجهزة . وزنة « سيوز » ٦٣٠٠ كيلو جرام وطولها ٧,٣ متر ، ولها جناحان يحملان الخلايا الشمسية يمتد كل منهما مسافة قدرها ٣,٨ متر من جانبى وحدة الأجهزة التى يبلغ قطرها ٢,٧ متر ، وعلى ذلك فإن المسافة بين طرفى الجناحين تساوى ٨,٣ متر تقريبا . ووحدة الهبوط هى الكبسولة التى تعود إلى الأرض بعد إتمام الرحلة ، وفيها يتخذ الملاحون الفضائيون مواضعهم فى أثناء مرحلتى الإطلاق والعودة إلى جو الأرض (راجع الفصل الثالث) . أما المركبة المدارية ، فهى مجهزة لتكون معملا علميا وغرفة معيشة يستخدمها الملاحون الفضائيون لأداء المهام المناطة بهم أثناء الدوران المدارى وللراحة والترويح عن أنفسهم . وهى مزودة فى مقدمتها بوصلة تعشيق يتم بواسطتها التحام المركبة « سيوز » بوحدة أخرى يراد نقلها إلى مكان ما فى الفضاء . فهذه المركبة هى وسيلة النقل السوفيتية الرئيسية لنقل وحدات المحطات الفضائية ، التى سيتناول الفصل التالى وصفها ، ونقل الملاحين الفضائيين من الأرض إلى هذه المحطات ليحلوا محل بعض العاملين بها الذين تعود بهم إلى الأرض .

ولقد استلزم التعاون بين السوفيت والأمريكيين الذى تم فيه التحام « سيوز وأبولو » فى عام ١٩٧٥ ، اشتراك الطرفين فى تصميم وصلة تعشيق

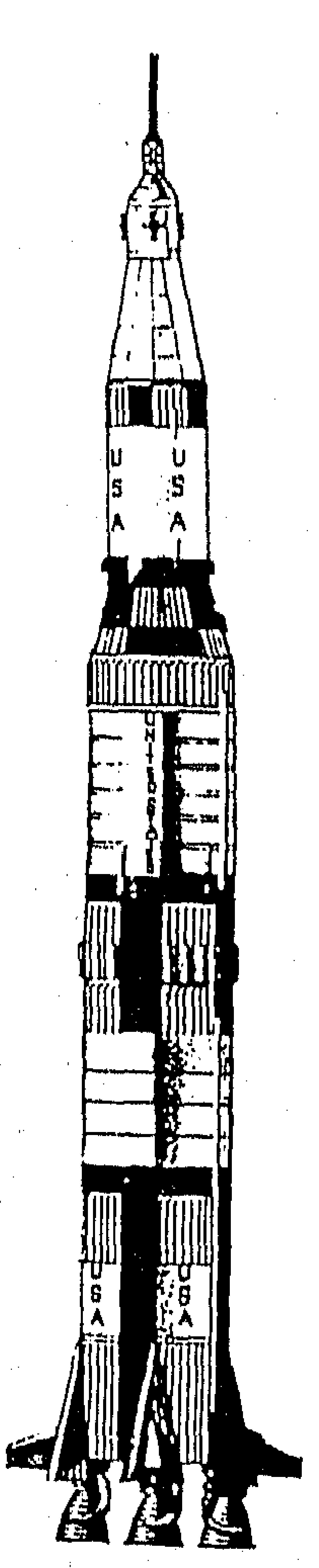
« دولية » يمكن بها التحام المركبات الفضائية المختلفة بعضها ببعض . وكان لكل طراز من طرز المركبات الثلاثة هذه ، بالطبع ، نوع خاص من الصواريخ القادرة على رفع « الحمل النافع » وإطلاقه إلى المقصد المحدد له فى الفضاء .

البرنامج الأمريكى :

تضمنت مراحل البرنامج الأمريكى للرحلات الفضائية البشرية تطوير المركبة الفضائية « ميركورى » (عطارد) ، التى أعدت لحمل ملاح فضائى واحد وكانت شبيهة بالمركبة السوفيتية « فوستوك » ولكنها كانت أخف وزنا ، إذ أن وزنها بلغ حوالى ثلث وزن فوستوك . ولقد أطلق ست من هذه المركبات فى الفترة ما بين ١٩٦١ و ١٩٦٣ . وتبع ذلك تطوير المركبة « جيمنى » (الجوزاء) لتسع فردين . واستخدم هذا الطراز فى عشر رحلات فضائية فيما بين ١٩٦٥ و ١٩٦٦ ، حيث تدرب الملاحون على الملاحة الفضائية وأداء الأنشطة خارج المركبة وعلى الالتقاء والالتحام ، هذا بالإضافة إلى المعلومات التى تم الحصول عليها عن مقدرة الإنسان على تحمل ظروف انعدام الوزن وعلى التصرف عندما يصادف ظروفا غير متوقعة . ولقد استلزمت هذه المهام زيادة وزن المركبة إلى أكثر من ضعف وزن « ميركورى » .

وكانت المرحلة الثالثة هى المركبة الفضائية « أبولو » التى صممت خصيصا لنقل ثلاثة ملاحين فضائيين إلى القمر ، وكانت مكونة من خمسة أجزاء هى « **الوحدة الرئيسية** » المخصصة لعمل الملاحين الثلاثة ومعيشتهم طوال الرحلة من الأرض إلى القمر التى استغرقت يومين وست عشرة ساعة ، ماعدا الفترة التى انتقل فيها ملاحان منهم إلى الوحدة القمرية للهبوط على سطح القمر والعودة إليها بعد إنجاز مهامهما . وهذه الوحدة هى الجزء الوحيد الذى عاد إلى الأرض فى نهاية الرحلة القمرية . وهى أساسا الكبسولة السابق وصفها فى الفصل الثالث . فكانت على شكل مخروط ارتفاعه ٣ أمتار تقريبا واتساع قاعدته حوالى ٤ أمتار . وكان الجزء الثانى ، « **وحدة الخدمات** » على شكل أسطوانة قاعدتها مطابقة لقاعدة الوحدة الرئيسية ومثبتة بها ، وارتفاعها

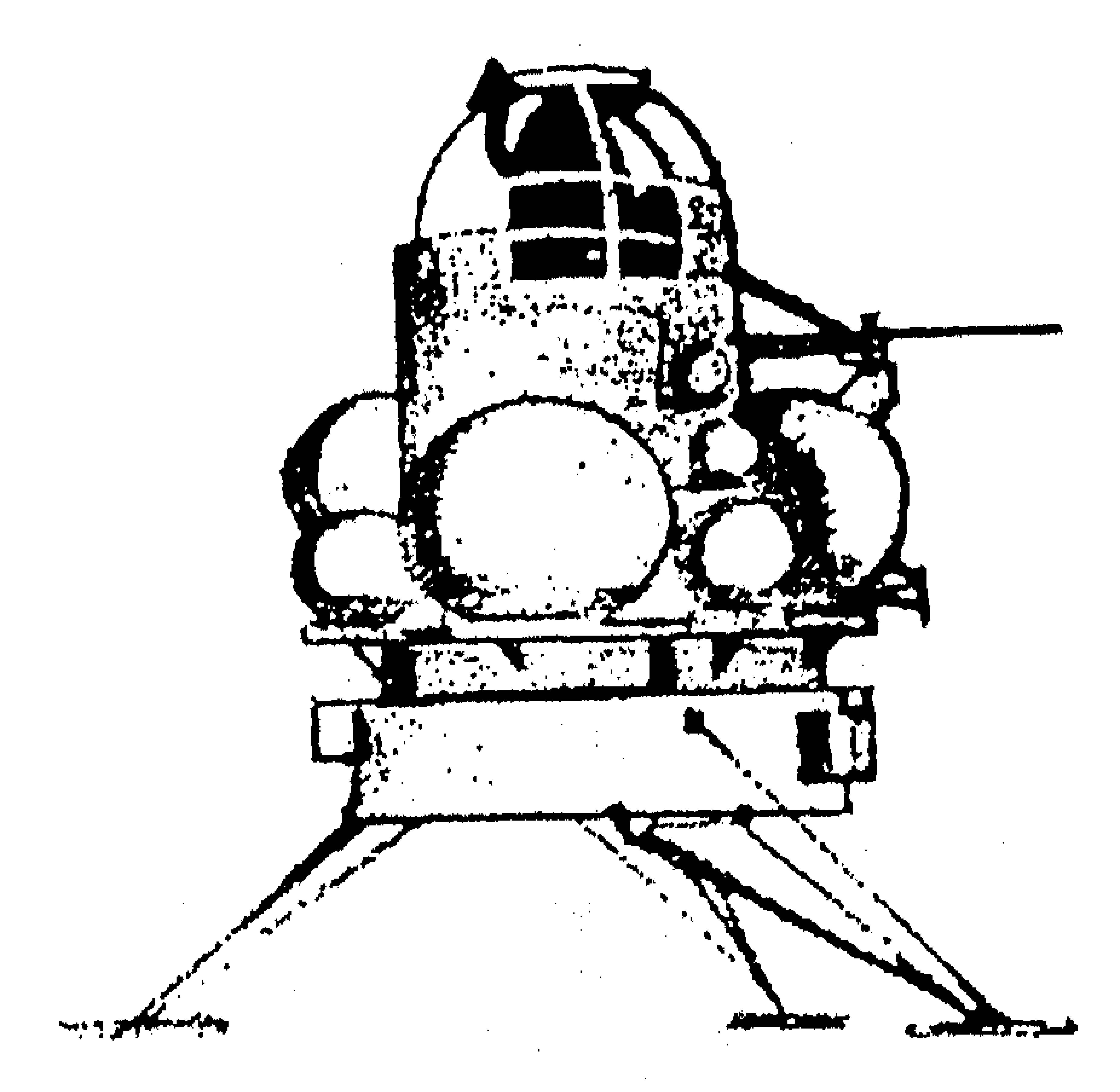
٧ أمتار . وهى المكان الذى خصص للأجهزة والمعدات الأساسية مثل مصدر الطاقة الكهربائية والمحركات الصاروخية اللازمة لتسيير المركبة والتحكم فيها عند اقترابها من القمر ، لوضعها فى مدار قمرى ثم إخراجها منه للعودة إلى



منظر خارجى للصاروخ الذى حمل الإنسان إلى القمر

الأرض ، وتصحيح المسار أثناء العودة . كما تحتوى هذه الوحدة أيضا على أجهزة التحكم فى جو المركبة وبيئتها . وكانت « **الوحدة القمرية** »هى الجزء الثالث ، وهى التى انفصلت عن بقية المركبة أثناء دورانها حول القمر لتهبط على سطحه حاملة ملاحين من الملاحين الثلاثة ، ثم العودة بهما إلى الوحدة الرئيسية بعد إنجازمهامهما. أما الجزء الرابع فهو « **وسيلة النجاة عند الإطلاق** » الذى يتم التخلص منه بعد نجاح الإطلاق بسلام . وكان الجزء الخامس هو « **وصلة التلاؤم** » بين الوحدة القمرية وبقية المركبة ، وهذه أيضا يتم التخلص منها بعد استنفاد غرضها .

والوحدة القمرية مكونة من جزءين أحدهما للهبوط والآخر للصعود . وكان الجزء الأول مزودا بالمحرك الصاروخى للهبوط ، ومستودعات الوقود المؤكسد ، والأجهزة والمعدات العلمية اللازمة للمهام المراد إنجازها على



نموذج للوحدة القمرية

سطح القمر ، ومجموعة القوائم وملحقاتها التى ارتكزت عليها الوحدة القمرية وهى تحط على السطح . وقد هيىء هذا الجزء فى مركبات أبولو الثلاث الأخيرة لحمل عربة تجرى على عجل (السيارة القمرية) ومستودعات إضافية للأكسيجين والماء والهيليوم . أما جزء الصعود فقد كان مخصصا لإقامة الملاحين وللأجهزة والمعدات الأساسية من النوع نفسه المزودة به كل من الوحدة الرئيسية ووحدة الخدمات . وكان وزن الوحدة القمرية كلها ١٤,٦ طن ، ويبلغ ارتفاعها وهى قائمة سبعة أمتار .

إن المبدأ الرئيسى الذى تقوم عليه جميع الأنشطة الاقتصادية ، الإنتاجية منها والخدمية ، هو أن سلامة الإنسان وتجنيبه أى ضرر يمكن أن تسببه يأتيان فوق كل اعتبار فى هذه الأنشطة . والتزام هذا المبدأ بصرامة واجب أخلاقى فى المقام الأول بالإضافة إلى أنه متطلب أساسى ومقياس لنجاح النشاط . وأمثلة ذلك كثيرة نراها فى مختلف الصناعات ، فالدواء الجديد مثلا يخضع لاختبارات وتجارب قاسية قد تستغرق سنوات عديدة قبل تعميم استخدامه ، وكذلك الحال فى صناعات وسائل النقل وغيرها حتى صناعة لعب الأطفال . ولعل أوضح مثل يغلب فيه الجانب الأخلاقى والحرص على سلامة الإنسان هو ما يجرى من اختبارات وتجارب لكل جزء ومرحلة من مراحل أى رحلة فضائية بشرية ، بالاضافة إلى ما يتخذ من احتياطات لتجنيب الملاحين أى سوء يلحق بهم بسبب الرحلة . وقصة إعداد المركبة « أبولو » للرحلة القمرية البشرية إنما هى تجسيد حى لالتزام هذا المبدأ ، بصرف النظر عما تكلفه من جهود دامت سنوات وأموال باهظة تعد ببلايين الجنيهات .

فبعد الدراسات التى أجريت بالمجسات الفضائية للتأكد من سلامة تصميم الأجهزة والمعدات وصنعها ومن صحة حساب المسارات وأسلوب تتبع المركبة الفضائية فى مسارها وتصحيح المسار عند الضرورة ، ثم استكشاف سطح القمر وتحديد المواقع الآمنة لهبوط البشر ، أرسلت المركبة « أبولو ٧ » بالوحدة الرئيسية ووحدة الخدمات فقط دون الوحدة القمرية فى رحلة مدارية حول الأرض ، حاملة ثلاثة ملاحين لاختبارها من الناحية الهندسية والقيام

بتجربة لالتقائها بالمرحلة العليا للصاروخ الذى حملها إلى مدارها وإجراء الخطوات اللازمة لمحاكاة عملية الالتحام . ولقد دامت هذه الرحلة من ١١ إلى ٢٢ أغسطس ١٩٦٨ ، وتبعتها رحلة أخرى للمركبة « أبولو ٨ » حاملة ثلاثة ملاحين حيث دارت عشر دورات (لمدة عشرين ساعة) فى مدار حول القمر على ارتفاع ١١٠ كيلو مترات من سطحه ، وتمكن الملاحون خلال هذه المدة من تحقيق المعالم القمرية التى يسترشد بها الملاحون فى الرحلات التالية للهبوط فى المواقع المقررة . ومن هذا المدار بثت صور تليفزيونية جيدة لسطح القمر وللأرض كما ترى منه . وعاد الملاحون إلى الأرض فى ٢٧ ديسمبر ١٩٦٨ حيث هبطوا فى المحيط على بعد حوالى خمسة كيلو مترات من السفينة التى انتشلت كبسولتهم ، وكانوا قد بدأوا هذه الرحلة فى ٢١ ديسمبر ١٩٦٨ . وفى ٢٨ فبراير ١٩٦٩ أطلقت المركبة « أبولو ٩ » كاملة بالوحدة القمرية فى مدار أرضى ، وذلك لتجربة انفصال هذه الوحدة وعودة التقائها والتحامها ببقية المركبة وعلى متنها اثنان من الملاحين الثلاثة . وعاد الملاحون الثلاثة سالمين فى ١٣ مارس ١٩٦٩ . وتبع ذلك إرسال المركبة « أبولو ١٠ » كاملة وعلى متنها الملاحون الثلاثة فى رحلة تجريبية إلى القمر دون الهبوط عليه ، من ١٨ حتى ٢٦ مايو ١٩٦٩ ، حيث تمت تجربة الوحدة القمرية فى مدار قمرى . فلما وصلت المركبة « أبولو ١٠ » إلى المدار القمرى المحدد لانفصال المركبة القمرية تمهيدا لهبوطها ، انتقل اثنان من الملاحين الثلاثة إليها ، ثم انفصلت عن الوحدة الرئيسية وهبطت حتى أصبحت على ارتفاع ١٥ كيلو مترا تقريبا من سطح القمر ، ثم عادت للالتقاء والالتحام ثانية بالوحدة الرئيسية التى بقيت فى مدارها على بعد ١١٠ كيلو مترات تقريبا من سطح القمر .

وفى رحلات « أبولو » الأربع هذه كان رجال المتابعة الأرضية يتابعون الملاحين وما يقومون به من أعمال وما يصادفون من ظروف ، تليفزيونيا بالصوت والصورة ، كما كان الحديث التليفزيونى متصلا بين الملاحين فى مركباتهم ورجال المتابعة على الأرض . وبنجاح رحلة « أبولو ١٠ » اكتملت

الأدلة على صلاحية المركبة للرحلة القمرية والصاروخ « ساتورن ٥ » (زحل ٥) الذى رفعها إلى مسارها نحو القمر .

الإنسان يطأ سطح القمر :

كان يوم ١٦ يوليو ١٩٦٩ هو اليوم المرتقب الذى انطلق فيه الصاروخ « ساتورن ٥ » حاملا المركبة الفضائية « أبولو ١١ » إلى مدار حول الأرض على ارتفاع ١٨٤ - ١٨٧ كيلو مترا بسرعة بلغت حوالى ٢٧٨٨٣ كيلو مترا فى الساعة . وفى اللحظة التى اتخذت فيها المركبة اتجاه المسار المحدد بالضبط تم تشغيل المحرك الصاروخى فارتفعت السرعة إلى ٣٨٧٢٠ كيلو مترا فى الساعة ، وهى سرعة الإفلات من هذا المدار . ونظرا لاستمرار تأثير الجاذبية الأرضية فى المركبة طوال رحلتها إلى القمر التى استغرقت ٦٤ ساعة ، فقد تناقصت السرعة حتى صارت حوالى ٣٢٦٠ كيلو مترا فى الساعة عندما وصلت المركبة إلى مسافة ٦٢٤٠٠ كيلو متر من القمر . وتأثير جاذبية القمر عند هذه النقطة يفوق تأثير الجاذبية الأرضية ، فارتفعت سرعة المركبة إلى حوالى ٩٠٠٠ كيلو متر فى الساعة . وبتشغيل المجموعة الصاروخية التى تحملها المركبة خفضت هذه السرعة إلى حوالى ٥٨٩٠ كيلو مترا فى الساعة ، وبذلك دخلت فى مدار حول القمر . وفى أثناء دوران المركبة فى مدارها انتقل ملاحان من الملاحين الثلاثة إلى الوحدة القمرية التى انفصلت عن بقية المركبة ودارت فى مدار قريب حول القمر وهبطت بسلام على سطحه فى الموقع المحدد من قبل ، وكان ذلك فى مساء يوم ٢٠ يوليو ١٩٦٩ . وخرج الملاحان من الوحدة القمرية الواحد تلو الآخر ، وغاصت أقدامهما بضعة مليمترات فى تراب السطح الدقيق . وقضيا حوالى ساعتين فى التقاط صور فوتوغرافية وجمع عينات من التربة القمرية بلغت زنتها حوالى ٢١,٧ كيلو جرام ، ورفع العلم الأمريكى ، كما قاما بتشغيل أجهزة علمية لقياس الهزات والتأثير الشمسى .

ولقد شاهد العالم هذه الأحداث المبهرة تليفزيونيا فى حينها . وابتهاجا بهذا

النصر اتصل رئيس الولايات المتحدة ، ريتشارد نيكسون ، تليفونيا بالملاحين الثلاثة لتهنئتهم على هذا الإنجاز الفذ . وفى اليوم التالى ، ٢١ يوليو ١٩٦٩ ، اتخذ الملاحان مجلسيهما فى الجزء العلوى من الوحدة القمرية تمهيدا للصعود بعد أن قضيا ٢١ ساعة و٣٦ دقيقة على سطح القمر . واستخدما الجزء السفلى منصة إطلاق ، وأعملا المحركات الصاروخية التى دفعتهما إلى المدار حيث تم الالتقاء والالتحام بالوحدة الرئيسية . وبعد الالتحام تم التخلص من بقية الوحدة القمرية واتجهت المركبة الرئيسية فى مسارها للعودة إلى الأرض حاملة ملاحيها الثلاثة حيث حطت على سطح المحيط الهادى فى ٢٤ يوليو ، وكانت قد تخلصت من وحدة الخدمات فى الطريق .

وتلا رحلة « أبولو ١١ » خمس رحلات أخرى فيما بين نوفمبر ١٩٦٩ وديسمبر ١٩٧٢ ، مع تغيير موقع الهبوط على القمر فى كل رحلة . كما زادت الأنشطة التى أجراها ملاحا الوحدة القمرية ووزن عينات التربة والصخور التى عادا بها فى كل مرة عليها فى سابقتها ، وكذلك مدة بقاء الملاحين على سطح القمر . وفى الرحلات الثلاث الأخيرة استعان الملاحون « بسيارة قمرية » فى الطواف على سطح القمر وجمع العينات . وهى سيارة صغيرة طولها ٣ أمتار تقريبا وعرضها ١,٨ متر ووزنها على الأرض حوالى ٢٠٧ كيلو جرامات (حوالى ٣٥ كيلو جراما على سطح القمر) وحمولتها حوالى نصف طن على الأرض ، وتسير على أربع من العجل يدير كلا منها موتور كهربائى مستقل ، وتستمد الطاقة الكهربائية من مجموعة من البطاريات تحملها السيارة .

لقد حصل كل من السوفيت والأمريكيين على قدر عظيم من عينات تربة القمر وصخوره ، والصور الفوتوغرافية لسطحه ، والبيانات الفيزيقية عما يجرى فى باطن القمر وعلى سطحه . وليس ثمة شك فى أن هذه الثروة العظيمة من المعلومات أحدثت طفرة رائعة فى علم دراسة الكواكب ، فلقد أتاحت للعلماء ، للمرة الأولى ، فرصة الدراسة المتعمقة لجرم سماوى آخر غير الأرض . وسنناقش بعض ما توصل إليه العلماء من هذه الدراسة فى الفصل التاسع .

مقاصد أخرى فى الفضاء :

على الرغم من أن هبوط الإنسان على القمر كان وثبة عظيمة على طريق السعى إلى كشف أسرار الكون ، فقد كان طموح العلماء أبعد من ذلك كثيرا ، إذ أنهم تاقوا منذ البداية إلى دراسة الكواكب الأخرى على الطبيعة لتأكيد المعلومات التى أمكنهم استنتاجها من البيانات التى حصلوا عليها بأجهزتهم الأرضية ، أو تصويب الأخطاء الناتجة عن التحريف والتوهين اللذين تتعرض لهما الرسائل الضوئية أو الرادارية القادمة من هذه الكواكب . ولقد كانت الرحلة البشرية إلى القمر سهلة نسبيا ، ولكن زيارة الإنسان للكواكب الأخرى ، حتى أقربها إلينا ، تعترضها صعوبات ضخمة قد تجعل هذه الزيارة مستحيلة .

فبينما متوسط المسافة بين الأرض والقمر يقل عن نصف المليون كيلو متر (٣٨٤٠٠٠ كيلو متر) يتفاوت بعد كوكب الزهرة عن الأرض ، وهو أقرب الكواكب منها ، من ٤٠ مليون كيلو متر إلى مايزيد على ٢٥٠ مليون كيلو متر ، ويتفاوت بعد المريخ الذى يأتى فى المرتبة الثانية من ناحية القرب من الأرض ، من ٥٦ مليون كيلو متر إلى ٤٠٠ مليون كيلو متر . وهذا يعنى أن الرحلة التى تستغرق ٦٤ ساعة للوصول إلى القمر ، تستغرق حوالى أربعة شهور للوصول إلى الزهرة ، وحوالى خمسة شهور للوصول إلى المريخ . وحيث إن بدء الرحلة من الأرض يجب أن يكون خلال « فترة جواز الإطلاق » كما ذكرنا فى الفصل الأول ، كذلك يجب أن يكون بدء رحلة العودة خلال « فترة جواز الإطلاق » أيضا ، فإن هذا يعنى بقاء زوار الكواكب عموما حتى حلول « فترة جواز الإطلاق » التالية . وبالتالى فإن رحلة الذهاب إلى الزهرة والعودة منها تستغرق حوالى السنتين ، أما فى حالة المريخ فإنها تستغرق حوالى ثلاث سنوات .

وبالإضافة إلى طول مدة الرحلة وما تستلزمه من توفير أسباب الحياة تدل الأرصاد الجوية والمعلومات التى تم الحصول عليها من المجسات الفضائية

على أن بيئة كوكب الزهرة لا ترحب بتضييف « بنى البشر » . حقا ، إن كوكبى الأرض والزهرة يعدان توءمين نظرا لتساوى قطريهما وكتلتيهما تقريبا ، فقطر الزهرة يبلغ ١٢٠٠٠ كيلو متر أى أقل من قطر الأرض ببضع مئات من الكيلو مترات فقط ، وبالتالى فإن كتلتها تقل قليلا عن كتلة الأرض (٨٩ فى المائة من كتلة الأرض) ، ولكن بيئتيهما مختلفتان تماما . فجو الزهرة يحتوى على غاز ثانى أكسيد الكربون بنسبة قدرها ٩٠ فى المائة ، وهو لا يكون إلا ٠٣,٠ فى المائة من جو الأرض . ولذا فإنه لا يصلح للتنفس . ونظرا لثقل هذا الغاز فإن الضغط الجوى على سطح الزهرة يساوى ١٠٠ مثل الضغط الجوى على سطح الأرض ، وهذا ما لا يمكن أن يتحمله جسم الإنسان ، حيث إن الإنسان إذا عاش على الزهرة يقع تحت تأثير ضغط قدره ١٠٠ كيلو جرام على كل سنتيمتر مربع من جسمه ، وهذه قوة كافية لتهشمه . أضف إلى ذلك أن درجة الحرارة مفرطة الارتفاع حيث تصل إلى حوالى ٥٠٠° س فى بعض الأماكن ، وذلك لأن الجو هناك يحبس حرارة الشمس ، أى يعمل عمل « الصوبة » .

وربما تكون بيئة المريخ أقل سوءا من بيئة الزهرة ، ومع هذا فإنها أيضا لاتصلح لإمداد أى شكل من أشكال الحياة الأرضية بالأسباب التى تكفل بقاءها . والمريخ أصغر من الأرض حجما ، فيبلغ قطره ٦٧٠٠ كيلو متر . وبعده عن الشمس أكبر من بعدنا عنها بحوالى ٢٢٨ مليون كيلو متر فى المتوسط ، وعلى ذلك فإنه يكمل دورته حول الشمس فى ٦٨٧ يوما من أيامنا ، أى أن سنته تساوى ١,٨٨ سنة أرضية . وجو المريخ لا يصلح للتنفس ، فضغطه أقل من ٨, فى المائة من ضغط جو الأرض ، ويتكون أساسا من ثانى أكسيد الكربون بالإضافة إلى كميات ضئيلة من غازات أخرى كبخار الماء . كما أنه غير كاف للوقاية من الإشعاعات المختلفة والشهب . وتتفاوت درجات الحرارة من ٢٠° س إلى -٧٠° س .

وهكذا يتضح أن الرحلات البشرية ، حتى إلى أقرب الكواكب منا ، بعيدة الاحتمال ، فى الوقت الحاضر بالإمكانات التكنولوجية المتاحة على الأقل .

وهى تتطلب أموالا وجهودا تفوق طاقة بلد بمفرده ، ولابد لتنفيذها من تعاون دولى يسهم فيه كل بلد بنصيب ضخم من الجهد والمال . وعلى ذلك فقد قنع العلماء فى الوقت الحاضر بالاعتماد على المجسات الفضائية لكشف ما غمض من أسرار الكون ومالم تستطع الأجهزة الأرضية كشفه . وشجعهم على ذلك ما حدث فى أواخر الخمسينيات من طفرات فى تكنولوجيا التواصل ، رفعت كثيرا من دقة نقل المعلومات من تلك المسافات السحيقة وجلائها بدرجة تسمح بالاستنتاجات التى يقل فيها الشك إلى حد بعيد . ومن أبرز هذه الطفرات تطوير التليمترى الذى أشرنا إليه فى الفصول السابقة ، وتحسين الإرسال التليفزيونى من المسافات البعيدة ، واكتشاف الميزر .

والميزر وسيلة لتوليد موجات كهرمغنطيسية دقيقة (تقع أطوالها الموجية بين ٣ مليمترات و ١,٣ متر ، أى بين الموجات تحت الحمراء والموجات الراديوية) مترابطة وعالية الشدة ، كما يمكن استخدامها لتضخيم الضعيف جدا من هذه الموجات . والمصطلح « ميزر » مأخوذ من أوائل الكلمات التى تعبر عن هذه الوسيلة باللغة الانجليزية : Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation (MASER) أى « تضخيم الموجات الدقيقة بالإشعاع المستحث » . ولايتسع المجال هنا لشرح الأساس الفيزيقى الذى يرتكز عليه عمل هذه الوسيلة . ولكن تكفى الإشارة إلى أنه يرتكز على الخواص الفيزيقية لجزيئات المواد فيما يتعلق بامتصاص الطاقة وإشعاعها وخضوعها لنوع من الميكانيكا يسمى « ميكانيكا الكم » . والفكرة الأساسية هنا هى استخدام نبضة من الموجات الدقيقة (أو النبضة المراد تضخيمها) لاستحثاث الإشعاع من مادة معينة مع توحيد طور الموجات (أى جعلها متوافقة تماما فى حركتها كتوافق خطى الكتيبة العسكرية) ، ثم جعل الموجات المستحثة تستحث صدور المزيد المتزايد من الإشعاع فى رحلاتها المتتابعة روحة وجيئة بين عاكسين متوازيين يحصران المادة الفعالة وتفصل بينهما مسافة مناسبة لحدوث الرنين . ولقد كان الميزر مفيدا جدا ، حيث أمكن استخدامه لتوليد حزم رادارية تم بها تعيين « الوحدة الفلكية » ، ومن ثم

المسافات بيننا وبين الكواكب بدقة عالية . و « الوحدة الفلكية » هى الوحدة التى يستخدمها الفلكيون فى قياس المسافات الفلكية ، وتساوى البعد بيننا وبين الشمس . والدقة المتناهية فى تعيين هذه الوحدة مسألة أساسية ، فعلى أساسها تخطط رحلات المجسات الفضائية وتبرمج أجهزة التوجيه ، وأى خطأ صغير فيها يؤدى إلى انحراف المجس عن مساره وعدم إصابته الهدف المحدد له . كما يستخدم الميزر فى استقبال الإشارات الضعيفة جدا التى ترسلها المجسات والمركبات الفضائية . وهكذا ارتفعت كفاءة التواصل بيننا وبين المجسات فى أغوار الفضاء السحيقة ، وزادت ثقتنا بالمعلومات التى نتلقاها منها إلى حد بعيد .

ويجدر بنا فى هذا الصدد أن نشير إلى العلاقة بين « الليزر » الذي ذاع صيته الآن بين عامة الناس ، و « الميزر » الأقل ذيوعا . فكلاهما يعملان على الأساس نفسه ، والفارق الوحيد بينهما هو أن الإشعاع فى الليزر يصدر من الذرات المستثارة ولذلك تقع أطوال موجاته فى منطقة الطيف « من فوق البنفسجى إلى تحت الأحمر » ، فى حين أن الإشعاع فى الميزر يصدر من الجزيئات المستثارة بأطوال موجية أطول من تحت الأحمر ، وطبيعة الموجات هى نفسها فى كلتا الحالتين ، فهي موجات كهرمغنطيسية . والميزر هو الذى اكتشف أولا وتلاه الليزر فى عام ١٩٦٠ أى بعد بضع سنوات .

تسابق الأمريكيون والسوفيت منذ أوائل الستينيات فى إرسال المجسات الفضائية لاستكشاف الكواكب القريبة منا والبعيدة عنا ، بل إن أحدها « هيليوس » اقترب من الشمس حتى أصبح على بعد ٠,٣١ وحدة فلكية (أى حوالى ٤٦,٥ مليون كيلو متر) منها . وقد حدد لكل مجس مهمة معينة فمنها ما اقترب من الزهرة ، ومنها ما هبط على سطحها هبوطا هينا وأرسل معلومات عنها ، ومنها مادار حول المريخ ، ومنها ما هبط عليه هبوطا هينا . كما أرسلت مجسات إلى المشترى وأقماره . ومر أحد المجسات بالقرب من عطارد . وأطلقت مجسات لتطوف بالكواكب الخارجية : زحل وأورانوس ونبتون .

ولقد أرسلت هذه المجسات ، ولايزال بعضها يرسل ، معلومات غزيرة مفيدة عن الكواكب والفضاء بينها . ويحتوى الفصل التاسع على عرض موجز لبعض النتائج التى أمكن التوصل إليها من هذه المعلومات . وتجدر الإشارة هنا إلى التعاون الدولى المثمر فى تبادل المعلومات ، وفى المشروعات المشتركة ، مثل « مشروع البعثة الدولية الشمسية القطبية » الذى اشتركت فيه وكالتا الفضاء الأمريكية والأوروبية فى عام ١٩٨٥ .

الفصل السابع

جزر فى الفضاء

خلق الله الإنسان ووهبه الحواس التى تنقل إليه المعلومات عن العالم المحيط به والذى يتعامل معه ليسترشد بها فى تصرفاته ، وخلق له القوة البدنية التى تعينه على السعى فى حياته لعمارة الأرض والمحافظة على بقاء النوع . وشاء الله أن يجعل هذه الإمكانات محدودة ، وشاء أيضا أن يخلق له العقل ، وأمره أن يعمل عقله ليحسن استخدام هذه الإمكانات ويوسع أمداءها . ولم يتوان الإنسان على مر التاريخ عن إعمال العقل ليزيد من قدراته الطبيعية فى البصر والسمع وحمل الأثقال وقطع المسافات البعيدة سعيا وراء حياة أفضل على الدوام له وللأجيال التى تأتى من بعده . والمرء إذا تأمل الاكتشافات والتكنولوجيات التى توصل إليها الإنسان على مر تاريخ البشرية يجد أنها جميعا إضافات لقدراته الطبيعية . فالتلسكوبات والميكروسكوبات وآلات الجر ووسائل النقل وغيرها هى جميعا وسائل تعين الإنسان على إدراك ما تقصر قدراته الطبيعية عن إدراكه . وليست المنجزات فى مجال الفضاء إلا امتدادا لسعى الإنسان إلى تحقيق ما هو أفضل له وللأجيال القادمة .

ولاينكر أحد أن بعض المنجزات العظيمة التى أحدثت تحولا فى تاريخ البشرية بدأت بدافع حب الاستطلاع ، أو الفخر والمباهاة ، أو التفوق الحربى . ولكن حتى إذا كان ذلك هو الدافع الأساسى فسرعان ما يجد العقلاء فيما أنجز نفعا عظيما للبشرية ، فيعدلون المسار ويوجهونه ليكون فى خدمة الإنسان . حقا ، لقد كانت الصواريخ التى طورت أثناء الحرب العالمية الثانية

لأغراض عسكرية صرفة هى النقطة التى بدأ منها عصر الفضاء . وربما يكون الدافع الأول فى القيام بهذه المغامرة عسكريا ، ولكن العلماء والتكنولوجيين والقادة السياسيين وجدوا أنه يفتح آفاقا واسعة لخير البشرية جمعاء فى جميع بقاع الأرض . فوضعوا الخطط التى لم تقتصر أهدافها على زيارة القمر وتحقيق الفوز فى السباق ، ولكن امتدت أهدافها لإيتاء سكان الأرض خدمات تتيح لهم الأمن واليسر فى حياتهم اليومية ومزيدا من الموارد الطبيعية التى هم فى أمس الحاجة إليها بعد أن أسرفوا فى استنفاد ما لديهم من موارد على سطح الأرض وفى باطنها . وهكذا بدأت شبكات الأقمار الصناعية التى تؤدى الخدمات فى مختلف المجالات ، كالأرصاد الجوية والملاحة والاتصالات الهاتفية والتليفزيونية والكشف عما تخبئه الأرض من موارد . وهذا ما سنتناوله ببعض التفصيل فى الفصل التالى . أما حديثنا الآن فهو عن الجزر التى أنشئت فى الفضاء ، وهى المسماة « المحطات الفضائية » ، وما يتبعها من نظام نقل فضائى لنقل الركاب والإمدادات من الأرض إلى تلك المحطات ثم العودة محملة بما تنقله منها إلى الأرض .

ما هى المحطة الفضائية ؟ :

إن المحطات الفضائية مركبات فضائية كبيرة تدور فى مدارات حول الأرض ، ومزودة بالمعدات والمواد التى تمد ركابها من البشر بأسباب الحياة بحيث يستطيعون البقاء فى الفضاء مددا طويلة تمتد إلى عدة شهور للقيام بالدراسات العلمية والتكنولوجية ورصد أحوال الأرض والسماء . وهى تختلف عن الكبسولات التى نقلت رواد الفضاء إلى مقاصد محددة فى رحلات استغرقت مددا قصيرة ، فى رحابة حيز العمل والمعيشة والتجهيزات المعملية والمعدات . كما تختلف عن الأقمار الصناعية التى تؤدى الخدمات الرتيبة لسكان الأرض ، فى أن هذه الأقمار تؤدى مهامها دون الحاجة إلى وجود العنصر البشرى ، ولذا فهى صغيرة الحجم نسبيا .

بدأ تنفيذ فكرة محطات الفضاء فى أوائل السبعينيات بإرسال محطات فضائية تجريبية ، فأرسل الأمريكيون « سكاى لاب » (أى المعمل السماوى) ، وأرسل السوفيت « ساليوت » فى رحلات متعددة . وكانت الرحلات التجريبية الأولى غير بشرية بطبيعة الحال ، ولما تأكدت صلاحية الأجهزة والمعدات ذهب الملاحون الفضائيون والعلماء إلى هذه المحطات وقضوا فيها مددا طويلة زادت على الستة الأشهر ، قاموا فيها بإجراء التجارب والبحوث العلمية ودراسة الظواهر الطبيعية والأحيائية فى ظروف الفضاء وانعدام الوزن . ولقد أوقف الأمريكيون برنامج « سكاى لاب » بعد الرحلة الرابعة التى دأمت من ١٦ نوفمبر ١٩٧٣ حتى ٨ فبراير ١٩٧٤ . ولكن السوفيت واصلوا برامجهم ، مع المداومة على إمداد الملاحين المقيمين على المحطة الفضائية « ساليوت » ثم المحطة « مير » بالمؤن ، وإحلال ملاحين جدد محل من أدوا مهامهم وأعيدوا إلى الأرض . ولقد شارك فى العمل بالمحطة الفضائية الروسية ملاحون غير سوفيت من الكتلة الشرقية .

وكانت رحلات حمل المؤن ونقل الملاحين الفضائيين إلى المحطة الفضائية والعودة منها تتم بواسطة المركبة الفضائية من طراز « سيوز » التى لا تصلح إلا لرحلة واحدة فقط ، أى مركبة كاملة جديدة لكل رحلة . ويلاحظ أن العامل الأساسى فى إمكان انتقال الملاحين الفضائيين من المركبة الناقلة إلى المحطة الفضائية هو نجاح عمليات الالتقاء والالتحام ثم الانفصال التى أوضحناها فى الفصول السابقة . ولا تقتصر أهمية عمليات الالتقاء والالتحام على مجرد نقل الملاحين إلى المركبة الفضائية ، بل إن العلماء والتكنولوجيين يأملون فى أن يشهد المستقبل القريب منشآت ضخمة مقامة فى الفضاء . فيصمم المنشأ المراد إقامته بحيث يتكون من وحدات يقع وزن كل وحدة منها وحجمها فى حدود الحمولة المقررة للمركبة الناقلة من الأرض . ويصمم طرفا كل وحدة بحيث يمكن أن تلتحم كل منها بالأخرى . وتنقل الوحدة الأولى إلى المدار المحدد لها ثم تتبعها الثانية لتلتقى بالأولى وتلتحم بها ، وتتوالى عمليات النقل لتلتحم

كل وحدة بسابقتها إلى أن تتم إقامة المنشأ المطلوب . وهكذا يمكن بناء جزر ضخمة فى الفضاء يأهلها أناس كثيرون يقومون بمختلف الأنشطة . ومنهم من يناط بهم مهمة رصد الأرض . فالمحطة تدور حول الأرض وترى منطقة كبيرة منها مرة كل ٢٤ ساعة على الأقل ، فيمكن للراصدين رؤية خطوط الملاحة البحرية وما قد يعترضها من جبال الجليد الطافية فينذرون السفن فى وقت مبكر ، ويمكنهم رصد العواصف والأعاصير واتجاه تقدمها ويحددون مقاصدها بدقة عالية .

أما العلماء فمجالات أنشطتهم واسعة ، فيستطيع الفلكيون رصد السماء بعيدا عن الغشاء الجوى الذى يشوه أرصادهم من الأرض ، كما أن العلماء فى المجالات الأخرى لديهم ثغرات وتساؤلات يأملون فى أن يجدوا الإجابات عنها فى ظروف الفضاء حيث لا يوجد ضغط جوى وحيث ينعدم الوزن . وتقع على أعناقهم كذلك مسئولية ضخمة هى دراسة تأثير طول الإقامة بعيدا عن الأرض فى صحة الإنسان وسلامته ، وتعيين الظروف المثلى للإقامة دون التعرض لتأثيرات ضارة والحد الأعلى لطول مدة الإقامة . ولا يقتصر ذلك على الإنسان فقط بل يمتد ليشمل مختلف أشكال الحياة الحيوانية والنباتية .

المحطات الفضائية توسع آفاق التعاون العلمى الدولى :

إن الأعمال السابقة جميعها تتطلب جهودا ضخمة وأموالا باهظة لا يمكن أن تتوافر إلا بالتعاون الدولى الجاد . والتعاون بين العلماء سمة أصيلة يتميز بها المجتمع العلمى العالمى . ولقد لمسناه فى مختلف المجالات العلمية دون أن تعترضه حدود جغرافية أو تعوقه مشكلات سياسية . فنجد العلماء من مختلف الأجناس والمذاهب يتضافرون لبحث المشكلات التى تهم المجتمع العالمى بوجه عام ، إما مجتمعين فى معامل دولية وإما متفرقين فى معامل منتشرة فى مختلف أنحاء العالم يعملون فى تناسق وترابط وفقا لأسلوب متفق عليه . وأمثلة ذلك عديدة ، نسوق منها القليل هنا ، كتوحيد المقاييس والمكاييل ومعاييرها فى جميع أنحاء العالم ، وإستئصال بعض الأمراض الفتاكة التى

أودت بحياة الكثيرين أو أصابتهم بالعجز ، كالجدرى الذى استؤصل تماما وشلل الأطفال الذى هو فى طريقه إلى الزوال ، والتعاون على إصلاح البيئة العالمية والحد من تدهورها ، وإيجاد بدائل عن الوقود الحفرى الذى يلوث البيئة والذى أوشكت موارده على النضوب ، وغير ذلك كثير . ولقد وجد العلماء أن عصر الفضاء قد فتح أمامهم آفاقا واسعة للتعاون فيما بينهم لاكتساب مزيد من المعرفة عن الكون ، وإمكان الاستفادة من هذه المعرفة لصالح البشر جميعا ، واستثمار ما اكتشفوه من إمكانات فى الفضاء إلى أبعد الحدود التى يستطيعون بلوغها . وكانت المحطات الفضائية وسيلة مفيدة حقا لتحقيق التعاون العلمى فى مجالات الفضاء . وقد بدأ هذا التعاون فى منتصف السبعينيات عندما قام فريق أمريكى وآخر سوفيتى بتجربة التحام مركبة الفضاء الأمريكية « أبولو » والمركبة السوفيتية « سيوز » فى الفضاء ، ونجح الفريقان فى إتمام الالتحام ثم الانفصال .

والمعمل الفضائى الأوروبى مثال آخر للتعاون الدولى فى مجال الفضاء . وهو محطة فضائية علمية يحملها مكوك فضائى ، وتقوم بإنتاجها وتمويلها « وكالة الفضاء الأوروبية » التى تتكون عضويتها من عشرة بلاد أوروبية . وهى مصممة لتحمل أربعة علماء بأجهزتهم ومعداتهم بالإضافة إلى طاقم المكوك نفسه (٣ أشخاص) ، فى رحلات تدوم ما بين سبعة أيام وثلاثين يوما ، فى مدار حول الأرض يتفاوت ارتفاعه من ١٨٥ إلى ٥٥٥ كيلو مترا . والمحطة مزودة ، بطبيعة الحال ، بجميع الوسائل التى تمد بأسباب الحياة فيها طوال المدة المقررة للرحلة . وتشمل هذه الوسائل الهواء بالضغط المناسب للتنفس ، ومصادر الطاقة ، والمؤن والإمدادات الأخرى .

ولعلنا قرأنا فى الصحف فى أواخر شهر يونيو ١٩٩٥ نبأ بدء تعاون أمريكى روسى جديد ، حيث انضم فريق أمريكى إلى الفريق الروسى الذى يعمل بالمحطة الفضائية الروسية « مير » . وهكذا نجد مجال التعاون يتسع ، حيث لا تزال هناك أفكار جريئة تراود العلماء يحتاج تنفيذها إلى تعاون وثيق

للغاية ، لا يقتصر على المجتمع العلمى فحسب ، بل يجب أن يتم على المستويين السياسى والاقتصادى أيضا .

مصادر فضائية جديدة للطاقة والإضاءة :

يأمل العلماء فى أن يضعوا محطة فضائية فى مدار « متزامن مع الأرض » ، أى تتم دورتها فى الزمن نفسه الذى تستغرقه الأرض فى الدوران حول نفسها (٢٤ ساعة) . ويقع هذا المدار على ارتفاع يبلغ حوالى ٣٥٨٠٠ كيلو متر من سطح الارض . وتبدو المحطة لسكان الأرض فى أى مكان كأنها ثابتة ، إذ أنها تدور بالسرعة نفسها التى تدور بها الأرض . والمراد من هذه المحطات هو أن تكون مواقع لإقامة منشآت ضخمة لتحسين الاتصالات الهاتفية والتليفزيونية بين مختلف بقاع العالم ، وذلك عن طريق إقامة هوائيات عملاقة لاستقبال الإشارات اللاسلكية وتضخيمها ثم إعادة إرسالها إلى الأرض بقدرات عالية تمكن الأجهزة الأرضية من استقبالها بوضوح وسهولة . وتشمل الخطط أيضا إقامة محطات لتوليد الكهرباء من الأشعة الشمسية ، ونقل الطاقة الكهربائية الناتجة فى موجات كهرمغنطيسية مركزة تصوب نحو محطات استقبال أرضية . كما تشمل أيضا إقامة مرايا عاكسة ضخمة تعكس أشعة الشمس لتضىء شوارع وطرق المناطق المأهولة بالسكان على الأرض أثناء الليل . وهكذا يمكن الحصول على جزء ضخم من الطاقة الكهربائية وخفض ما تستنفده الإضاءة الخارجية من الطاقة .

مستعمرات بشرية فى الفضاء وعلى القمر :

يمكن إنشاء ورش تجميع مركبات فضائية عملاقة وصواريخها ، على هذه المحطات الفضائية ، التى تنطلق منها هذه المركبات إلى مقاصد أبعد فى الفضاء . فقوة الدفع لحمل هذه المركبات ووضعها على مساراتها المحددة أقل كثيرا مما يستلزمه الإطلاق من القواعد الأرضية ، وذلك لصغر قوة الجاذبية الأرضية نسبيا ، وانعدام مقاومة الهواء الجوى . وليس بمستغرب أن يأتى يوم

فى المستقبل - غير القريب بالطبع - تقيم فيه الأجيال القادمة مستعمرات بشرية فى الفضاء القريب من الأرض أو حتى على القمر .

وتحقيق هذه الأفكار التى تبدو مفرطة فى الطموح يتوقف فى المقام الأول على تطوير التكنولوجيات الحالية ، وظهور مخترعات ومكتشفات فى مختلف المجالات حتى يمكن التغلب على الصعوبات التى تبدو عويصة فى الوقت الحاضر . ولا يمكن التنبؤ بدرجة عالية من اليقين بالموعد الذى تتحقق فيه هذه الأفكار ، أو بعضها إن شاء الله لها أن تتحقق ، فبعضها يبدو مستحيلا . ولكن التاريخ ملىء بالأفكار الجريئة التى بدت فى وقتها ضربا من الهوس ، ولكنها أصبحت ، عندما شاء الله لها أن تتحقق ، من العناصر الأساسية التى يعتمد عليها الإنسان اعتمادا كبيرا فى حياته على الأرض ، كالطيران مثلا . ولكن ما يمكن تقريره يقينا هو أن هذه الأفكار والآمال ستعود بالنفع للبشرية سواء تحققت أم لم تتحقق . فهى تحفز المجتمع العالمى بجميع فئاته من علماء ومهندسين وتكنولوجيين وصناع إلى استنباط مواد وتكنولوجيات وأساليب صناعية جديدة لا يقتصر استخدامها على مجالات التوسع فى الأنشطة الفضائية فحسب ، بل يمتد إلى التطبيقات المباشرة التى تتيح للإنسان حياة أفضل على الأرض ، على نحو ما شهدناه من قفزات علمية تكنولوجية صاحبت السعى الحثيث خلال العقود القليلة الماضية لإحراز النجاح والتقدم فى استكشاف الفضاء واستثمار الإمكانات التى أتاحها هذا الاستكشاف . وليس ثمة شك فى أن ما ننعم به الآن فى حياتنا اليومية من مواد جديدة وأجهزة ومعدات متطورة أتاحت لنا الراحة والمتعة والأمان ، إنما هى ثمار جانبية للجهود التى تبذل فى تطوير الأجهزة والمعدات المستخدمة فى برامج الفضاء فى مختلف بلاد العالم ، وفى مقدمتها البلدان الرائدان فى هذا المجال ، الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا .

خطوط نقل فضائية - مكوك الفضاء :

لقد تنبهت الولايات المتحدة الأمريكية بعد النجاح فى الهبوط على سطح

القمر ، وفى تجربة التحام مركبتى الفضاء أبولو وسيوز ، إلى أن الوقت قد حان لاستغلال الخبرات التى اكتسبت من برامج الفضاء الأولى فى إيجاد نظام للنقل الفضائى قادر على نقل مختلف الأحمال النافعة ووضعها فى مدارات حول الأرض لتلتحم بمحطات فضائية ، أو لتكون معامل فضائية لمدد محددة والعودة إلى الأرض بتكاليف منخفضة نسبيا . فالأسلوب المتبع فى نقل الأحمال النافعة إلى مقاصدها هو استخدام مركبة فضائية جديدة تؤول إلى العدم بعد كل رحلة . وهذا الأسلوب باهظ التكاليف ، فلا يخفى أن المركبة الفضائية الواحدة تتكلف عشرات الملايين من الدولارات بالإضافة إلى ما يستنفد من المواد المستخدمة فى صنعها . وليس هناك شك فى أن هذا يعوق التقدم فى تطوير المحطات الفضائية ، ومن ثم الانطلاق فى رحلات فضائية أبعد . ونظام النقل الفضائى الذى طورته الولايات المتحدة يعتمد أساسا على ما سُمى « مكوك الفضاء » الذى يمكن استخدامه مرات عديدة لنقل الأحمال النافعة فى رحلات متكررة . وهكذا يمكن إنشاء خطوط نقل فضائى منتظمة بتكاليف أقل كثيرا مما يتكلفه نقل الأحمال النافعة فى الوقت الحاضر . ولقد أُطلق هذا المكوك الفضائى فى رحلتين مداريتين تجريبيتين فى أبريل ونوفمبر عام ١٩٨١ دامت كل رحلة منهما ٥٤ ساعة .

ويتكون مكوك الفضاء فى المرحلة الحالية من ثلاثة أجزاء رئيسية هى : المركبة المدارية ، ومستودع خارجى للوقود السائل ، وصاروخان دافعان يعملان بمسيِّر صلب ومثبتان فى المركبة المدارية بأحزمة يمكن تفجيرها لفك وثاقهما .

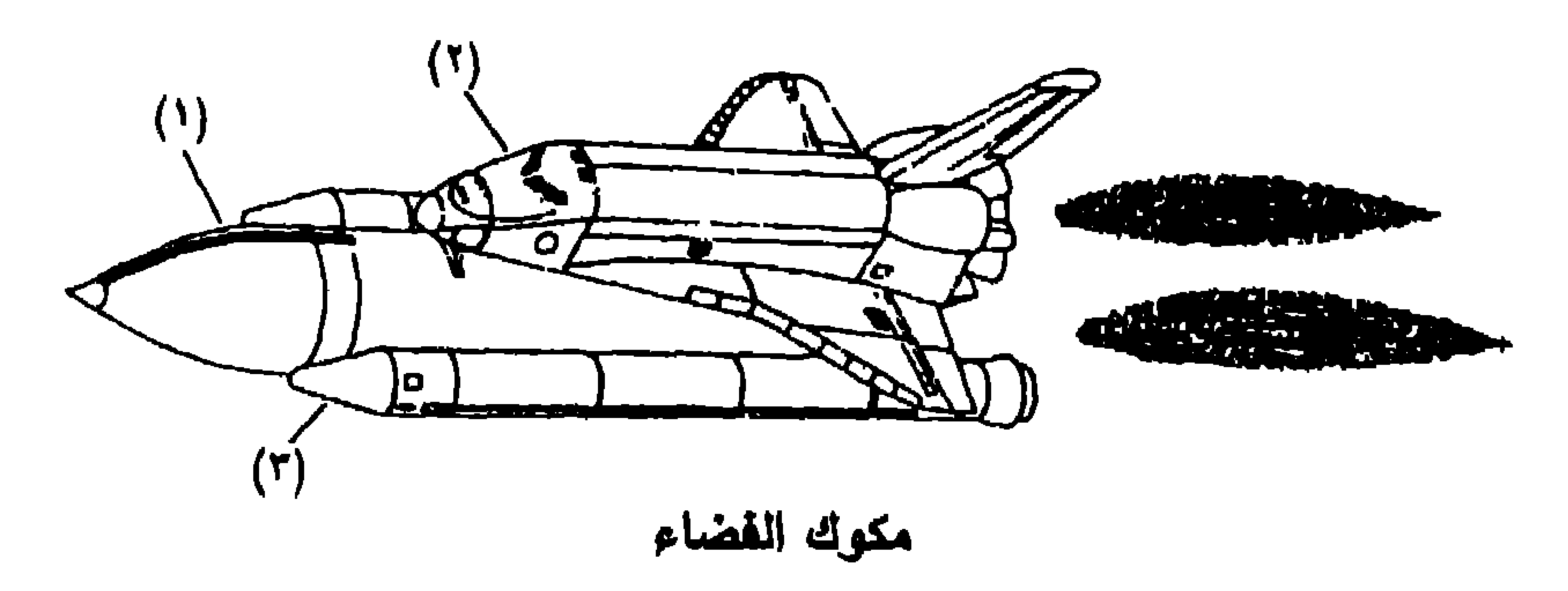
والمركبة المدارية هى الجزء الرئيسى الذى يحمل الحمل النافع . وقد يكون هذا الحمل معملا فضائيا (المعمل الفضائى الأوروبى) أو قمرا صناعيا يراد وضعه فى مدار معين ، أو غير ذلك من المواد والمعدات المراد نقلها إلى الفضاء . وبالمركبة حيز مخصص للمعيشة والعمل ومزود بالوسائل التى تمد بأسباب الحياة . وهذا الجزء يسع حاليا طاقم التشغيل المكون من ثلاثة أفراد بالإضافة إلى أربعة أفراد مسئولين عن إنجاز المهمة الأساسية للرحلة التى

قد تشمل إجراء تجارب علمية ، أو إقامة منشآت فضائية ، أو القيام بعمليات إصلاح أو تجديد للأقمار الصناعية أو المحطات الفضائية الدائرة فى مداراتها . وتزن هذه المركبة ، وهى فارغة ، حوالى ٦٨ طنا ، وتبلغ حمولتها من الأحمال النافعة حوالى ٣٠ طنا ، بأبعاد تصل إلى ١٨ مترا طولا وأربعة أمتار ونصف المتر عرضا . وهى مجهزة لتمتد رحلتها المدارية من سبعة أيام إلى ٣٠ يوما تبعا للمهمة المراد إنجازها .

أما مستودع الوقود السائل الخارجي فيحتوى على الوقود (هيدروجين سائل) والمؤكسد (أكسجين سائل) اللازمين للمحركات الصاروخية الثلاثة التى تدفع المركبة رأسيا إلى أعلى عند الإطلاق . وهذا المستودع ينفصل عن المركبة ويلقى به قبل دخولها المدار بزمن قصير ، ويبلغ طوله ٤٦,٨٥ متر وقطره ٨,٤ متر ، ووزنه بكامل حمولته من الوقود عند الإطلاق ٧٣٤,٤ طن ، ووزنه فارغا ٣١,٣ طن .

ويعمل صاروخا الوقود الصلب الدافعان متزامنين مع المحركات الصاروخية الرئيسية لتزويد المركبة الفضائية بقوة دفع إضافية ابتدائية ، وينفصلان بجميع معدات تشغيلهما عندما تصل المركبة المدارية إلى ارتفاع ٥٠ كيلو مترا (بعد حوالى دقيقتين من لحظة الإطلاق) . وتتم عملية الانفصال بواسطة شحنة تفجيرية صغيرة تفجر أحزمة الربط . وهذان الصاروخان مزودان بمظلات هبوط لضمان هبوطهما سليمين على سطح المحيط فى موقع محدد ، حيث توجد سفينة تنتشلهما ، ليستخدما مرة ثانية بعد تجديدهما . ويبلغ طول كل من هذين الصاروخين ٤٥,٤٥ متر ، وقطره ٣,٧١ متر ، ووزنه بكامل حمولته ٣٧٣,٨ طن ، ووزنه فارغا ٨٢,٦ طن .

والمركبة المدارية مزودة بجناحين . وتدخل جو الأرض عند عودتها وتهبط بالطريقة نفسها التى تهبط بها الطائرة العادية . وهكذا نجد أن كل ما يفقد فى رحلة مكوك الفضاء هو مستودع الوقود الخارجى ، وتبقى المركبة المدارية والصاروخان الدافعان للاستخدام فى رحلات متعددة يمكن أن تصل إلى ١٠٠ رحلة .



مكوك الفضاء

(١) مستودع الوقود السائل الخارجى ، (٢) المركبة المدارية ، (٣) صاروخا الوقود الصلب الدافعان .

ومكوك الفضاء الذى يعمل حاليا مناسب لنقل الأحمال النافعة إلى المدارات القريبة من الأرض . ولكن يمكن تزويده بمرحلة صاروخية تدفع الحمل النافع إلى مدارات أبعد ، فيمكنه وضع حمل نافع (قمر صناعى أو وحدات ومعدات لإنشاء محطة فضائية) فى مدار متزامن مع الأرض أى على ارتفاع ٣٤٨٠٠ كيلو متر . وهذا إنجاز ضخم يذلل الطريق إلى تحقيق بعض الآمال المرجوة لمستقبل الأنشطة الفضائية بإقامة محطات فضائية ضخمة فى المدارات البعيدة لتكون قواعد تنطلق منها الرحلات إلى المقاصد البعيدة فى الفضاء ، وإقامة منشآت عملاقة لإمداد الأرض بمزيد من الطاقة لتلبية حاجات سكانها المتزايدة من الطاقة ، وإنشاء مستعمرات بشرية فى المدارات القريبة لأداء الأنشطة والعمليات الصناعية التى يصعب أداؤها على سطح الأرض .

وبرنامج مكوك الفضاء حافل الآن بالرحلات المخصصة للأعمال العلمية والتكنولوجية ، وقد بدأ تسييره على أساس تجارى . والمتوقع أن يشهد الجيل الحاضر إنشاء خطوط نقل فضائى منتظمة . وليس بمستغرب أن نقرأ فى المستقبل القريب إعلانات عن تنظيم رحلات فضائية للنزهة ومشاهدة شروق الأرض وغروبها من المركبة المدارية .

الفصل الثامن

عيون بصّاصة ترقب السماء والأرض : أقمار صناعية لمختلف الأغراض

النور رسول يحمل أخبار السماء :

كان أول ما عنى به العلماء فى مستهل عصر الفضاء هو النفوذ إلى خارج جو الأرض لكشف بعض أسرار الكون ورؤية الأشياء على حقيقتها . فعلى الرغم مما اكتسبوه من معرفة عن طريق المراصد والتلسكوبات الأرضية ، وعلى الرغم من دأبهم على تحسين أجهزتهم والارتقاء بها إلى أعلى درجات القدرة والدقة ، فقد كانوا على يقين بأن ما يحصلون عليه من معلومات يشوبه بعض التشويه والنقص . فجو الأرض ، وما يحتوى عليه من غازات وأبخرة وجسيمات دقيقة ، يكوِّن غشاء يحجب جزءا من الإشعاعات التى تتلقاها أجهزتهم على سطح الأرض ، ويسلبها بعض مكوناتها ، ويحرِّف الرسائل التى تحملها من مصادرها .

إن ما تتلقاه أجهزة العلماء وتلسكوباتهم من « نور » إنما هى رسائل تأتيهم من مصدر هذا النور مُحمَّلة بأسرار طبيعته وما يجرى فيه من أحداث . ولقد نبغ العلماء فى حل رموز هذه الرسائل واستخلاص المعلومات القيمة التى تحملها . ولقد فضلنا استخدام اللفظ « نور » هنا ولم نتحدث عن الضوء . فالنور لغويا هو ما يبين الأشياء ويفصح عن كنهها ، وبالتالى فهو أعم من الضوء . إذ لا يقتصر ما يصدر من الأجرام السماوية على الضوء فحسب ، بل إنها تبعث بإشعاعات أخرى خارج نطاق الضوء المنظور ، منها الأشعة

فوق البنفسجية وتحت الحمراء والسينية وأشعة جاما ، تنتمى جميعها إلى عائلة واحدة هى الموجات الكهرمغنطيسية ، ولا يختلف كل منها عن الأخرى إلا فى ما تحتوى عليه من طاقة ، وبالتالى فيما تحدثه من تأثير فى الأشياء التى تسقط عليها أو تنفذ خلالها . فينفرد الضوء مثلا بتأثيره فى شبكية العين وإحداث الإبصار ، وهذا ما تعجز عنه الإشعاعات الأخرى . وعلى ذلك فإن أجهزة الرصد التى تعتمد على نوع معين من الإشعاع تختلف عن غيرها فى الأجزاء التى تحس بنوع الإشعاع المستخدم والأوساط التى يمر خلالها .

ولا تقتصر الرسائل التى تحملها الإشعاعات على إعطائنا صورة إجمالية للجسم الصادرة منه ، من نوع الصور التى نراها خلال التلسكوب البصرى أو نحصل عليها بآلة التصوير ، بل إنها تتضمن أيضا تفصيلات دقيقة عن محتويات هذا الجسم وما يدور فيه من أحداث ، وقد يفضل بعض الإشعاعات غيرها فيما يأتى به من تفصيلات متعلقة بناحية أو أخرى من نواحى الدراسة . وللعلماء طرقهم وأساليبهم فى فك رموز الرسائل واختيار أنسب أنواع الإشعاع للحصول على ما يبغونه من معلومات . فلديهم تلسكوبات بصرية وأخرى للأشعة فوق البنفسجية ونوع ثالث للأشعة تحت الحمراء ، وغير ذلك من أجهزة الكشف .

ونلخص هنا مثالا توضيحيا لما يمكن أن تحمله الإشعاعات من معلومات . فالأجسام المادية (ومنها النجوم والأجرام السماوية) تتكون من ذرات العناصر الداخلة فى تركيبها . وليست الذرة كائنا بسيطا إنما هى مركبة من أجزاء أصغر تعمل بينها قوى تجعلها متماسكة فى بنية معينة تتميز بها الذرة . وذرات العنصر الواحد متماثلة البنية ، فى حين تختلف العناصر بعضها عن بعض فى بنى ذراتها ، وإذا زودت المادة بالطاقة من نوع ما (كالتسخين مثلا) اكتسبت ذرات عناصرها بعض هذه الطاقة بمقادير محددة على دفعات منفصلة ، فتحدث فى كل مرة اضطرابا فى بنيتها ، وحينئذ توصف الذرة بأنها « مثارة » . ولكل ذرة حالات إثارة محددة تتوقف على مقدار ما تكتسبه من الطاقة فى كل دفعة . وحالات الإثارة الممكنة لذرات العنصر الواحد متماثلة

ولكنها تختلف من عنصر لآخر . وحالة الإثارة لا تدوم طويلا ، فسرعان ما تتخلص الذرة من فائض الطاقة الذى اكتسبته ، فيصدر منها على شكل « موجة كهرمغنطيسية » ، وهى إحدى وسائل نقل الطاقة . ولهذه الموجات الكهرمغنطيسية تأثيرات مختلفة فيما يعترضها من أوساط تبعا لما تحمله من الطاقة . فنحن نحس ببعضها على شكل ضوء أو حرارة ، وتحس أجهزة الراديو والتليفزيون ببعضها ، وتحول ما تحس به إلى أصوات وصور . ولكل موجة طول محدد يقابله تردد معين . وطول الموجة هو مقياس لما تحمله من طاقة . فطاقة الموجة الطويلة أقل من طاقة الموجة القصيرة . وتمتد أطوال الموجات التى نعلمها من آلاف الأمتار إلى أجزاء من بليون جزء من المتر تبعا لحالة الإثارة التى صدرت منها . وهذا ما يسمى « بالطيف الكهرمغنطيسى » الذى يتخذ أسماء متميزة لكل مجموعة من الأطوال الموجية ، فالمجموعة التى تضم أقصر الأطوال الموجية تسمى أشعة جاما ، وتليها الأشعة السينية ، ثم الأشعة فوق البنفسجية ، ثم الضوء المنظور ، ثم الأشعة تحت الحمراء ، ثم الموجات الدقيقة والرادارية والراديوية التى تقع فى نهاية الموجات الطويلة من الطيف . ولدى العلماء وسائل وأجهزة دقيقة لقياس الأطوال الموجية فى جميع مناطق الطيف الكهرمغنطيسى .

العلماء تواقون إلى الذهاب بأجهزتهم إلى الفضاء الخارجى :

ربما يتساءل القارىء عن علاقة ذلك كله بالموضوع الذى نحن بصدده . حقا ، ربما تكون العلاقة خافية ، وقد تكون هذه المعلومات السابقة معروفة تماما لدى قراء كثيرين ، فهى معلومات أساسية فى العلوم الطبيعية ، ولكننا أوردناها هنا لتتضح الصورة ، وينجلى سر توق العلماء إلى الخروج خارج جو الأرض للحصول على بعض المعلومات اليقينية عن الكون وما يجرى فيه من أحداث . فهم حتى على سطح الأرض ينزعون إلى إقامة مراصدهم على قمم الجبال العالية ، ويتعاونون على المستوى الدولى فى تقاسم الوقت بينهم لإجراء أرصادهم فى تلك المواقع ، وذلك لتقليل التشويش والتحريف الذى يحدثه الجو والأضواء المشتتة فى الرسائل التى يتلقونها . وما هذه الرسائل

إلا الأطياف الكهرمغنطيسية التي تبعث بها الأجرام السماوية المختلفة . وعملية فك الرموز هى ببساطة تحليل هذه الأطياف وقياس الأطوال الموجية التى تنبئهم عما تحتويه هذه الأجرام ، وما يجرى فيها من أحداث ، وعن سلوكها فى الفضاء الذى تسبح فيه وعلاقة بعضها ببعض فى هذا الفضاء . وهم يأملون بذلك أن يزدادوا علما ببعض الحقائق وفهما لأسرارها ، عساهم أن يسترشدوا بها في تدبر خلق الله فى السماء والأرض وسد بعض الثغرات الكثيرة فى علمهم الأرضى . وهم على يقين بأن ما يتوصلون إليه سيأتى بالنفع العميم للبشرية على المدى البعيد أو القريب ، وإن لم تكن معالم هذا النفع واضحة فى الوقت الحاضر . فكم من معلومات أتت بها الأجيال السابقة من الدراسات الفلكية ، أو من دراسات باطن الذرة ، نَعِم بثمارها الأجيال اللاحقة ، ولم تكن هذه الثمار واضحة حين اكتشافها .

لذا أعطيت دراسات الكشف عن الإشعاعات المختلفة خارج جو الأرض أولوية عالية فى برامج الفضاء ، فأرسلت الأقمار الصناعية والمجسات الفضائية حاملة أجهزة تحس بأنواع الإشعاعات المختلفة وتقيس أطوالها الموجية وشداتها . وأرسل المرصد الفضائى الأمريكى فى المحطة الفضائية « سكاى لاب » . وتعاون الأمريكيون مع وكالة الفضاء الأوروبية فى تجهيز محطة الفضاء الأوروبية بتلسكوب ضخم يفوق فى أدائه ودقته أضخم التلسكوبات على سطح الأرض . ووضع هذا المعمل الفضائى فى مداره بواسطة مكوك الفضاء الأمريكى ، ويستطيع العلماء زيارته بين الحين والحين لصيانته وتجديد الأجزاء التى تحتاج إلى تجديد فيه . وليس التلسكوب ، بطبيعة الحال ، منظارا قائما بمفرده ، ولكن ملحق به أجهزة ومعدات لتحليل الأطياف وقياسها وحاسب إلكترونى لمعالجة البيانات وآلات تصوير وأجهزة لإرسال المعلومات إلى الأرض بالنظام التليمترى .

الأقمار الصناعية فى خدمة الإنسان على الأرض :

إن سماء الأرض مليئة بالأقمار الصناعية من مختلف الأنواع لأداء مختلف

الخدمات لسكان الأرض . ولكل قمر من هذه الأقمار المدار المناسب للخدمة التى يؤديها . ونحن نعلم مما سبق أنه يمكن وضع القمر الصناعى فى مدار محدد ، يمكن أن يكون قريبا من الأرض أو بعيدا عنها ، ويمكن أن يكون مستواه استوائيا أو قطبيا أو مائلا . وعلمنا أيضا أن زمن دورة القمر الصناعى فى مداره يتوقف على ارتفاع هذا المدار عن الأرض ، فيطول زمن الدورة بابتعاد المدار عن الأرض . ويحمل كل قمر من هذه الأقمار الأجهزة والمعدات المناسبة للخدمة التى يؤديها ، وهى لا تحمل بشرا ، إنما تعمل أوتوماتيا وترسل معلوماتها إلى المحطات الأرضية .

الأشعة تحت الحمراء وسيلة الأقمار الصناعية « لرؤية » الأرض :

كانت الأقمار التى حظيت بأولوية عالية فى مستهل عصر الفضاء هى ، بطبيعة الحال ، أقمار التجسس العسكرى . فبرامجها هى أقدم برامج الاستخدامات التطبيقية للأقمار الصناعية ، إذ أنها بدأت فى عام ١٩٥٩ فى كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى . وتدور هذه الأقمار فى مدارات قريبة من الأرض (على بعد حوالى ١٦٠ كيلو مترا من السطح) . ومدة بقائها فى المدار قصيرة نسبيا تتفاوت من بضعة أيام إلى بضعة شهور . وهى تكشف أساسا عن إطلاق القذائف الصاروخية الحربية الكبيرة والمصانع والتفجيرات النووية فوق سطح الأرض ، وتعتمد أجهزة الكشف التى تحملها على تقنية « الاستشعار من البعد » .

وتقنية « الاستشعار من البعد » قديمة ، ولكن الاسم حديث نسبيا ، فلقد استخدمت فى طائرات الاستطلاع لتصوير ما يجرى على سطح الأرض . وهى كما يدل عليها اسمها تقنية تساعدنا على إدراك ما تعجز حواسنا عن إدراكه ، حيث تقوم أجهزتها باستقبال الإشعاعات المختلفة الصادرة من الأشياء المراد رصدها ، وتحليلها واستخلاص المعلومات عنها ، ثم إرسال النتائج تليمتريا إلى المحطات الأرضية فى شكل صور تليفزيونية أو معطيات يعالجها الحاسب الالكترونى ويؤلف منها صورا تمثل الأهداف المرصودة . وتعتمد

أقمار التجسس العسكرى أساسا على أشعة جاما التى تولدها التفجيرات النووية ويمكن الكشف عنها بدقة عالية على مسافات بعيدة . وتعتمد أيضا على الأشعة تحت الحمراء ، وهى أشعة حرارية تصدرها الأجسام الساخنة (وغير الساخنة) . وبعضها يؤثر فى أفلام فوتوغرافية تستخدم فى آلات تصوير خاصة فتعطى صورا للمصدر كالصور التى تلتقط بالضوء المنظور .

ونظرا لاستخدام الأشعة تحت الحمراء فى تطبيقات عديدة تقوم بها أنواع أخرى من الأقمار الصناعية ، كما سنرى فيما بعد ، يجدر بنا أن نستطرد قليلا لتوضيح بعض الخصائص المهمة لهذه الأشعة . فهى موجات كهرمغنطيسية ، لها طبيعة الضوء تماما ، تأتى بعد النهاية الحمراء للطيف المنظور فى الترتيب التصاعدى للأطوال الموجية ، فالضوء البنفسجى هو أقصر موجات الطيف المنظور ، والضوء الأحمر أطولها . والعين البشرية لا ترى خارج هذا النطاق ، طولا أو قصرا . وعلى ذلك فإن الأشعة تحت الحمراء لا تساعد على الرؤية المباشرة ، ولكن القريب منها من النهاية الحمراء يمكن أن يؤثر فى أفلام فوتوغرافية خاصة فيكوّن صورة واقعية للمرئى . وتوصف هذه الأشعة بأنها أشعة حرارية لأنها تحدث تأثيرا حراريا فى الأجسام التى تسقط عليها ، ولأن مصدرها حرارى . وجميع الأجسام المادية تحتوى على طاقة حرارية مهما بلغت درجة برودتها ، مادامت فوق الصفر المطلق (أى درجة حرارتها أعلى من - ٢٧٣° سلسيوس) ، وعلى ذلك فإن الأجسام جميعا تصدر أشعة تحت حمراء بأطوال موجية مختلفة تزداد طولا كلما انخفضت درجة حرارتها ، فالأطوال الموجية الصادرة من الأجسام المتوهجة (كفتيل المصباح) أقصر من الصادرة من كتلة جليدية . ويمكن الكشف عن الأشعة تحت الحمراء إما بالتصوير الفوتوغرافى مباشرة فى حالة الأطوال الموجية القريبة من الأحمر ، وإما بأجهزة حساسة تحس بالموجات البعيدة عن الأحمر (أى الأطول نسبيا) ، وتحول ما تتلقاه من أشعة إلى نبضات كهربائية يمكن معالجتها وتأليف صورة واقعية للمصدر . وعلى ذلك فيمكن تصوير الأشياء فى الظلام ، إما بما تصدره تلقائيا من أشعة تحت حمراء متفاوتة الشدة والطول

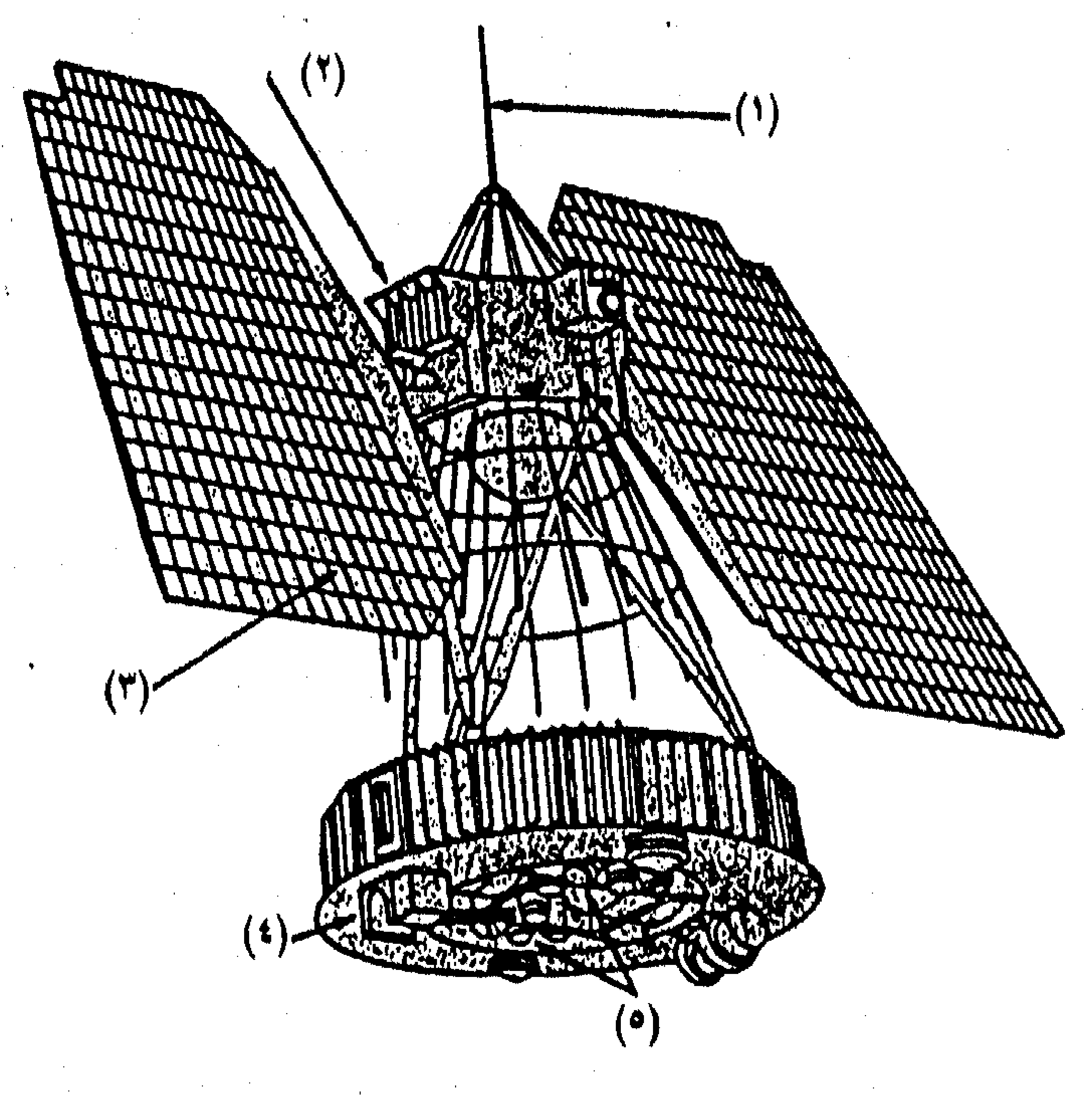
الموجى تبعا للحالة الحرارية للأجزاء المختلفة من المصدر الذى يجرى تصويره ، وإما « بإضاءة » الجسم المراد تصويره بأشعة تحت حمراء من مصدر خارجى (كالشمس أو مصباح كهربائى متوهج أو حتى مكواة) ، والتقاط الصورة بالأشعة المنعكسة من الجسم .

أقمار للتنبؤ بالأحوال الجوية :

تشمل مجموعات الأقمار الصناعية المخصصة للأغراض السلمية أقمار الأرصاد الجوية التى تقيس المحتوى الجوى من بخار الماء ودرجات حرارة الجو على الارتفاعات المختلفة ، وتصور السحب ، وتقيس درجات حرارة قممها وترسل هذه البيانات إلى المحطات الأرضية فتمكن رجال الأرصاد الجوية من رسم خرائط دقيقة للأحوال الجوية على مختلف الارتفاعات ، ومن ثم التنبؤ بأحوال الطقس بدقة عالية . وهذه الأقمار تدور فى مدارات قطبية ، وتغطى جميع بقاع العالم ، وهى تحمل آلات تصوير تليفزيونية ، وأخرى تعمل بالأشعة تحت الحمراء ، وأجهزة حساسة لقياس درجات الحرارة وأخرى لقياس الرطوبة ، وترسل المعلومات ليلا ونهارا .

ومن هذه الأقمار ما يدور فى مدار متزامن مع الأرض ، فيبدو ثابتا بالنسبة للراصد على الأرض طوال الوقت . وهذه الأقمار مخصصة لقياس عناصر الطقس فى مناطق محددة من سطح الأرض ، وهى المناطق التى « تراها » أجهزة القمر الصناعى وآلات تصويره من موقعه ، ولاشك فى أن مساحاتها عظيمة ، فهناك قمر أطلقته الولايات المتحدة الأمريكية لتغطية مساحتها ، كما أن لليابان ، ووكالة الفضاء الأوروبية والاتحاد الروسى الأقمار الخاصة بها . وبالإضافة إلى البيانات التى تجمعها أجهزة هذه الأقمار نفسها ، فإنها تستقبل البيانات من محطات ونقط الأرصاد الجوية النائية المنعزلة ، وتعيد إرسالها إلى المحطات الأرضية .

وهناك أقمار تدور فى مدارات متزامنة مع الأرض أيضا تستقبل البيانات الخاصة بمناطق محددة (تقع مساحة كل منها فى حدود ٤٥٠٠ كيلو متر



قمر صناعى للأرصاد الجوية

(١) الهوائى الرئيسى ، (٢) غرفة أجهزة التحكم ، (٣) مجمع شمسى ، (٤) مقياس الإشعاع الحرارى ، (٥) آلات التصوير التليفزيونية .

مربع) ، من أقمار الأرصاد الجوية العالمية ، وتقوم حاسباتها الإلكترونية بمعالجة تلك البيانات ، وإرسال صور كاملة لأحوال الطقس ، وكذلك صور السحب ، فى كل منطقة من هذه المناطق لتستقبلها المحطات الأرضية فى مختلف بلاد العالم ، فتساعدها على التنبؤ بأحوال الطقس فى مناطقها بدقة عالية .

ولا تخفى أهمية التنبؤ بأحوال الطقس فى حياة الشعوب ، فمعرفة الأحوال المتوقعة تمكن الناس من اتخاذ قرارات حيوية فى حياتهم اليومية على مستوى الفرد والجماعة . وقد تكون هذه القرارات متعلقة بالطيران أو الزراعة أو غير ذلك من الأنشطة اليومية ، بما فيها قيادة السيارات على الطرق السريعة والقيام بالرحلات الخلوية . وهناك مناطق كثيرة من العالم معرضة للأعاصير والعواصف التى تدمر ما يعترضها من منشآت وتودى بأرواح الكثيرين ، والإنذار بمجيء هذه الأعاصير ومساراتها له أهمية خاصة لدى سكان هذه المناطق . ونظرا لأن ما يزيد على ثلثى الكرة الأرضية مغطى بالمحيطات والغابات والمناطق القاحلة التى يصعب رصد عناصر الطقس فيها ، فقد كان التنبؤ بحدوث هذه الأعاصير المدمرة منخفض الدقة إلى حد بعيد لقلة محطات الرصد وعدم توافر البيانات الخاصة بهذه المناطق ، ولقد سدت أقمار الأرصاد الجوية هذا النقص وارتفعت دقة التنبؤات إلى درجة عظيمة .

الكشف عن الموارد الطبيعية الأرضية :

توجد إلى جانب أقمار الأرصاد الجوية ، أقمار صناعية لمسح معالم الأرض ورصد الموارد الطبيعية والأحوال البيئية . ولقد أطلق الأمريكيون القمر الأول لرصد الموارد الطبيعية فى عام ١٩٧٢ ، ودار فى مدار قطبى على ارتفاع حوالى ٩٠٠ كيلو متر . ومن أهم الأجهزة المزود بها هذا القمر آلة تصوير لالتقاط صور لمختلف مناطق الأرض تكونها إشعاعات متعددة الأطياف . فالصور التى تكونها للمنظر نفسه إشعاعات فى مختلف مناطق طيف الإشعاع تكشف عن تفصيلات تعجز الصور المأخوذة بنوع واحد من الإشعاع عن كشفها . ومهمة هذا القمر التقاط صور لمناطق العالم المختلفة . ومن خصائص المدار القطبى إمكان تغطية العالم كله ، مع تكرار تصوير المنطقة نفسها على فترات منتظمة . ولقد ضاعف الأمريكيون تواتر التقاط الصور لمختلف المناطق بإطلاق قمر صناعى آخر من النوع نفسه ودار فى المدار نفسه ، بحيث كان أحدهما متقدما عن الآخر بنصف دورة ، وبالتالى أمكن الحصول على صور للمناطق المختلفة بتواتر مساو لضعف تواتر الصور

التى يلتقطها قمر منفرد . وآلات التصوير الخاصة هذه تعطى صورا بألوان صناعية ، يقابل كل لون منها جزءا معينا من الطيف طبقا لنظام محدد ، ولو أن الاشعاع المعنى قد يكون فى منطقة طيف الأشعة تحت الحمراء غير المرئية .

وهذه الصور تعطى بيانات عن الأشعة تحت الحمراء المنعكسة من أوراق النباتات التى تختلف باختلاف نوع النبات وصحته والتربة التى يتغذى منها ، فيمكن بذلك تقدير المساحات المزروعة بمختلف المحاصيل ، كما يمكن الكشف عن إصابات النبات بالآفات ، فى وقت مبكر قبل أن تظهر آثار هذه الآفات واضحة ، ومعرفة طبيعة التربة التى تنمو فيها النباتات . وحيث إن الإشعاع الحرارى المنبعث من سطح الأرض يختلف باختلاف التكوينات الجيولوجية ، وما تحتويه من خامات معدنية ونفط ومياه جوفية ، فإن صور هذا القمر الصناعى تعطى مؤشرات لمواقع هذه الموارد الطبيعية وتقديرات مبدئية لمخزونها ، يسترشد بها الجيولوجيون والعاملون فى مجالات التنقيب عن الخامات واستخراجها فى وضع برامجهم ، كما يسترشد بها السياسيون والمخططون فى الدولة فى صياغة خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية .

وبالإضافة إلى ذلك فإن هذا القمر بتكرار مروره فوق الأماكن المختلفة دوريا يمكنه رصد التغيرات التى تتعرض لها البيئة فى تلك الأماكن ، كتلوث الماء والهواء وتغير استخدام الأراضى والتصحر وما إلى ذلك .

أقمار الاتصالات الهاتفية والتليفزيونية :

يسبح فى الفضاء حول الأرض الآن عدد كبير من الأقمار الصناعية المخصصة للاتصالات الهاتفية ونقل البرامج التليفزيونية . وفى حالات كثيرة تتعاون البلاد المتجاورة فى منطقة واحدة فى إطلاق أقمار خاصة بها . كما ينفرد بعض البلاد بإطلاق أقمار خاصة . وهذا مثال آخر للتعاون الدولى على أسس اقتصادية .

فنظرا لطبيعة الأرض الكروية ، وانتشار الموجات الكهرمغنطيسية عموما (ومنها الموجات الراديوية بأطوالها المختلفة المستخدمة فى نقل الرسائل

الهاتفية والتلكس والفاكس والبرامج التليفزيونية والإذاعية) فى خطوط مستقيمة ، فقد كان من المتعذر ، قبل السنوات السبعينية ، الاتصال لاسلكيا بين المواقع التى تفصل بينها مسافات بعيدة على سطح الأرض ، وكانت الاتصالات تتم على نطاق محدود عن طريق كابلات عبر المحيطات . كما استخدمت الموجات القصيرة فى نقل برامج الراديو ، حيث توجه هذه الموجات إلى السماء وتنعكس من طبقة الأيونوسفير فى أعالى الجو لتصل إلى منطقة معينة تحددها الزاوية التى توجه بها هذه الموجات نحو السماء . إذ أنها تنعكس كما ينعكس الضوء من المرآة وتتساوى زاويتا السقوط والانعكاس ، وبمعرفة ارتفاع الأيونوسفير ، وزاوية توجيه الموجات إليه يمكن تحديد اتجاه الموجات المنعكسة والمنطقة التى تصل إليها على سطح الأرض . ولكن هذا الأسلوب محدود الاستخدام ، فهو لا يصلح للموجات المستخدمة فى أوجه الاتصالات الأخرى . ولقد كانت أقمار الاتصالات فتحا جديدا وإنجازا رائعا فى هذه المجالات .

وقمر الاتصالات يدور فى مدار متزامن مع الأرض ، على بعد ٣٥٨٨٠ كيلو مترا من سطحها ، وزمن دورته يساوى زمن دورة الأرض حول محورها ، وهكذا يبدو كأنه ثابت فوق نقطة محددة من سطح الأرض تحدد بالاختيار المناسب لموعد الإطلاق ومسار الصاروخ الذى يحمله ليدخل فى المدار من النقطة المطلوبة . والقمر بوضعه هذا يكوّن محطة استقبال تستقبل الموجات الكهرمغنطيسية الموجهة إليه من محطات الإرسال الأرضية ، ويعيد إرسالها إلى جزء الكرة الأرضية المحصور داخل قاعدة المخروط الذى يقع القمر الصناعى عند قمته ، وهكذا تستطيع أجهزة الاستقبال الأرضية استقبال هذه الموجات بسهولة . ويحمل هذا القمر الصناعى ، بالطبع ، هوائيات ضخمة للاستقبال والإرسال ، وأجهزة استقبال تستقبل الموجات المختلفة الأطوال طبقا للرسائل التى تحملها (هاتفية أو تلكسية أو فاكسية أو برامج تليفزيونية ملونة) وتعالجها وتعيد إرسالها بواسطة أجهزة إرسال دقيقة إلى الأرض .

وقد يشترك بعض البلاد فى إطلاق أقمار اتصالات تخدم منطقتها ، أو ينفرد بعضها بإطلاق أقمار خاصة بها ، وفقا للأغراض المراد أن تحققها هذه الأقمار . وهذا مثل آخر للتعاون الدولى فى بعض البلاد . فالبلاد العربية مثلا مشتركة في برنامج اتصالات يخدم منطقتها ، ويستطيع المشاهد فى أى بلد عربى متابعة البرامج التليفزيونية التى يذيعها أى بلد آخر ، كما يستطيع رؤية الأحداث وقت وقوعها ، وهكذا يستمتع المشاهدون بمتابعة المباريات الرياضية والاحتفالات والمهرجانات فى مختلف أنحاء العالم فى اللحظة نفسها التى تجرى فيها .

أقمار الملاحة :

يأتى بعد ذلك فى هذا العرض السريع لبعض الأقمار الصناعية التى تؤدى خدمات جليلة لسكان الأرض ، « أقمار الملاحة » التى تستعين بها السفن والغواصات والطائرات ، وغيرها فى تعيين مواقعها فى خطوط سيرها عند أية لحظة . وهذه الأقمار تعمل عمل النجوم التى يهتدى بها الملاحون فى رحلاتهم . ولعل الكثيرين منا يعرفون الطريقة التى يتبعها الملاحون فى الاهتداء بالنجوم لتحديد مواقعهم ، والتى تعتمد على رصد نجوم معينة بالتلسكوبات . ولكن هذه الطريقة يتعذر استخدامها فى الأحوال التى تكون فيها السماء ملبدة بالغيوم ، أو فى الغواصات تحت سطح الماء . ولكن رصد القمر الصناعى لا تعوقه غيوم ولا مياه . والفكرة الأساسية التى ترتكز عليها طريقة تحديد الموقع باستخدام القمر الصناعى هى « ظاهرة دوبلر » التى أشرنا إليها من قبل . فالموجات التى يصدرها مصدر متحرك بتردد معين تصل إلى مستقبلها بتردد مختلف قليلا عن ترددها الأصلى ، وقد يكون هذا الاختلاف بالزيادة أو النقصان تبعا لاتجاه حركة المصدر بالنسبة للمستقبل ، فيزيد إذا كان المصدر مقتربا من المستقبل ويقل إذا كان مبتعدا عنه .

و « قمر الملاحة » يدور فى مدار قريب نسبيا (٩٠٠ كيلو متر من الأرض) مائل على مستوى الدائرة الاستوائية للأرض ، بحيث تمكن

الاستعانة به فى مختلف أنحاء الأرض . وهو يرسل إشارات بترددات عالية ، تستقبلها أجهزة دقيقة بالسفينة أو الغواصة أو غيرها . وتسجل هذه الأجهزة مقدار التغير فى تردد الإشارة المستقبلة (فالتردد الأصلى معلوم بالطبع) طوال فترة اقتراب القمر الصناعى من سمت الراصد ومروره بالسمت ثم ابتعاده عنه . وتعين بدرجة عالية من الدقة اللحظة التى ينعدم فيها التغير ويتساوى الترددان المرسل والمستقبل ، حيث يكون القمر فى سمت الراصد . فالتردد الذى يستقبله جهاز الراصد يكون أعلى قليلا من التردد الأصلى أثناء اقتراب القمر من السمت ، ويقل الاختلاف بينهما إلى أن ينعدم عند السمت ثم يبدأ الاختلاف فى الزيادة أثناء الابتعاد عنه . وبمعرفة البيانات الدقيقة عن مواقع القمر فى مداره ومواقيتها (زيج القمر الصناعى) ، وعن المدار نفسه يمكن تحديد موقع الراصد بدقة عالية . وتستخدم فى تعيين الوقت ساعات دقيقة للغاية تتم معايرتها دوليا دائما ، ليكون الوقت الذى يعينه الراصد مطابقا للوقت الذى يسير عليه القمر الصناعى ، كما يحتفظ الملاح بالزيج المشار إليه فيما سبق الذى يحدد مسبقا ليكون الأساس الذى يسير عليه القمر ، وتتابعه بانتظام محطة المتابعة الأرضية . وهناك أقمار ترسل هذه المعلومات عن مواقعها وخصائص مداراتها مع الزمن الذى تحدده ساعاتها على فترات قصيرة (كل دقيقتين) يستقبلها الراصد أيضا ، وبإدخال هذه المعلومات مع قياسات تغير دوبلر فى الحاسب الإلكترونى يمكنه حساب موقع السفينة أو الغواصة أو غيرها بدقة عالية .

لم يتسع المقام هنا لسرد جميع أنواع الأقمار الصناعية ، ولذا أغفلت هذه العجالة ذكر بعض الأقمار التى تؤدى خدمات متخصصة تهم فئات معينة من المتخصصين . ولعل ما ورد ذكره هنا فيه ما يوضح الفوائد العظيمة المباشرة للجهود التى تبذل فى مجال الفضاء .

الفصل التاسع

كنوز من العلم فى الفضاء

أمدت الرحلات الفضائية العلماء ، فى عشرات السنين الماضية التى أوشكت على الأربعين ، بفيض وافر من المعلومات العلمية التى سدت نتائج تحليلها ثغرات كثيرة فى المعرفة الإنسانية ، وعمقت فهم العلماء لظواهر عديدة فى مجالات تخصصاتهم ، وغيرت بعض المفاهيم التى سادت قرونا عديدة . ولقد استمد العلماء هذه المعلومات من الرسائل التى تلقوها من الأجهزة التى زودت بها المجسات الفضائية والمركبات الفضائية ، ومن التجارب التى أجراها الملاحون الفضائيون والعلماء أثناء رحلاتهم ، والعينات التى عادوا بها من القمر . ولا يزال فيض العلم يتدفق ، وسيظل تدفقه سنوات طويلة فى المستقبل بمشيئة الله . فآفاق العلم لا تحدها حدود وتزداد اتساعا كلما زادت المعرفة البشرية . ولن يصل الإنسان إلى منتهاها مهما طال به الزمان ونمت مداركه وتطورت وسائله ، فتلك هى سنة الله

﴿ وَمَآ أُوتِيتُم مِّنَ ٱلْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا ﴾

(سورة الإسراء - ٨٥)

ولن يتسع المقام هنا لعرض كل ما توصل إليه العلماء من كشوف ، ولا الوفاء بحق جزء منها من الشرح والتفصيل . ولذا ستتناول الصفحات التالية بعض أمثلة للكشوف العلمية فى مختلف المجالات .

الأرض كمثرية الشكل :

كان الرأى السائد قبل عصر الفضاء ، أن الأرض كروية الشكل تقريبا ،

أى على شكل كرة مفرطحة قليلا عند الدائرة الاستوائية ، ولكن القياسات الدقيقة لمسار إحدى المركبات المدارية الأولى فى عام ١٩٥٨ كشفت عن أن الأرض كمثرية الشكل ، فلقد ظهر أن القطب الشمالى أبعد عن مركز الأرض من قطبها الجنوبى ، حيث لوحظ أن قوة الجاذبية الأرضية التى تؤثر فى مدارات المركبات تتغير عندما تكون المركبة فوق القطب الشمالى عنها عندما تكون فوق القطب الجنوبى . كما أظهرت القياسات أن الدائرة الاستوائية الأرضية ليست دائرة تماما بل هى قطع ناقص .

حزام من الإشعاع يحيط بالأرض :

إن إحدى الظواهر المثيرة التى كشفت عنها أيضا المركبات المدارية الأولى فى العامين ١٩٥٨ و ١٩٦١ وجود نطاق إشعاعى شديد يحيط بالكرة الأرضية فوق المناطق الاستوائية على شكل أنبوبة حلقية تمتد من ٣٠٠٠ إلى ١٦٠٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض . وهذا الإشعاع ناشىء عن وجود جسيمات مشحونة كهربائيا محبوسة فى هذه المنطقة . وكان المظنون فى بادىء الأمر أن هذا النطاق مكون من نطاقين متحدى المركز . ولكن يعتقد علماء كثيرون الآن أنه نطاق واحد متصل . ولا يزال بعض العلماء يشيرون إليه فى كتاباتهم العلمية بالمثنى فيسمونه نطاقى (أو حزامى) فان آلن ، نسبة إلى العالم الفيزيقى الأمريكى جيمس فان آلن الذى اكتشفه فى عام ١٩٥٨ .

جو الأرض وثقب الأوزون :

لقد غيرت أرصاد الأقمار الصناعية الرأى الذى ساد بين العلماء زمنا طويلا عن الأيونوسفير ، حيث كانوا يعتقدون أنه مكون من طبقات منفصلة من الذرات والجزيئات المتأينة تمتد من ٦٠ كيلومترا إلى ٦٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض . وهذه الطبقات هى التى تنعكس منها الموجات الراديوية القصيرة المستخدمة فى الإذاعة ، كما أشرنا فى الفصل السابق . أما الآن فلقد أثبتت أرصاد الأقمار الصناعية أن الأيونوسفير متصل ، وأن ما ظنه العلماء طبقات منفصلة ليس إلا مناطق يرتفع فيها تركيز الإلكترونات إلى قيم عالية . كما

أن التأين يمتد فى الفضاء إلى ارتفاعات أعلى كثيرا مما كان يعتقد أنه حد الطبقات المتأينة (الأيونوسفير) .

ويسوقنا الحديث عن جو الأرض إلى الكشف الذى أكدته أرصاد الأقمار الصناعية ، وهو تحلل أوزون الستراتوسفير وترقق طبقته منذرا بقدوم مشكلة بيئية ضخمة ، أصابت العالم أجمع بالذعر والقلق ، فعقدت بشأنها المؤتمرات العلمية واستوجبت اجتماع قادة العالم السياسيين ورؤساء الدول والحكومات للتشاور واتخاذ القرارات الحاسمة لدرء هذه المشكلة . ويجدر بنا أن نستطرد قليلا لتوضيح أسباب أهمية المشكلة ومدى خطورتها .

فالأكسيجين الموجود بوفرة في جميع أنحاء الجو تتكون جزيئاته من ذرتين متحدتين ، تنفصلان إلى ذرات مفردة بفعل الطاقة التى يحملها الإشعاع الشمسى ، وهذه الذرات الحرة المفردة تلتقى بجزيئات أكسيجينية عادية أخرى ، وتلتحم بها مكونة جزيئات ثلاثية الذرات هي جزيئات الأوزون ، التى توجد بتركيزات مختلفة فى الجو بدءا من سطح الأرض حتى ارتفاع ٦٠ كيلومترا تقريبا فوق سطح الأرض . ويرتفع تركيزها ارتفاعا حادا فى الستراتوسفير ، فيصل التركيز إلى أعلى قيمة له فى طبقة تمتد من ٢٥ إلى ٣٥ كيلومترا فوق سطح الأرض . ولهذه الطبقة الأوزونية أهمية حيوية لجميع أشكال الحياة على سطح الأرض ، فهى الدرع الواقية التى تحمى الأرض وسكانها من الأشعة فوق البنفسجية المهلكة التى تأتى من الشمس ، ولو أن القليل منها الذى يفلت من هذه الدرع وينفذ خلالها ضرورى جدا للحياة ، فهو الذى يعمل على تمثيل الفيتامين (د) الذى تؤدى قلته إلى لين العظام .

لذا كان ترقق طبقة الأوزون ، خاصة فوق المنطقة القطبية الجنوبية ، منذرا بمشكلة حيوية . فامتصاص الأشعة فوق البنفسجية يقل كلما نحفت طبقة الأوزون وبذلك يزيد ما ينفذ منها إلى الأرض . وحيث إن الترقق شوهد فى بادىء الأمر فى مساحة محدودة فوق المنطقة القطبية الجنوبية ، فقد كانت هذه المساحة شبيهة بنافذة فى طبقة الأوزون تستطيع الأشعة فوق البنفسجية النفوذ

خلالها بكميات أكبر من المعتاد ، ولذا أطلق عليها الاسم الذى عرفت به ، وهو ثقب الأوزون .

وهكذا أفادت أرصاد الأقمار الصناعية فى التنبيه إلى المشكلة فى وقت مبكر لاتخاذ الحيطة لوقف ترقق طبقة الأوزون ومنع اتساع انتشار الثقوب الأوزونية . وفعلا توصل العلماء إلى معرفة سبب حدوث ثقب الأوزون ، فقد تبين أن الغازات الكلوروفلوروكربونية المستخدمة فى صناعات كثيرة أهمها أجهزة التبريد وتكييف الهواء تفتت جزيئات الأوزون بمعدل أسرع من معدل تكونها . وكان من التدابير التى أقرها رؤساء الدول والحكومات فى اجتماعهم مع العلماء ، وقف إنتاج هذه الغازات واستخدامها خلال مدة معينة حدّدوها فى قراراتهم الملزمة .

ولقد كانت المعلومات التى أتت بها مركبات الفضاء البشرية التى حطت على القمر ، وتلك التى أرسلتها الأجهزة التى زودت بها المجسات الفضائية التى أرسلت إلى القمر والزهرة والمريخ مفيدة فى تعميق فهم العلماء لهذه الكواكب ، بل إنها غيرت بعض الآراء التى كانت سائدة بينهم .

ونظرا لأهمية القمر من الناحيتين العلمية والاقتصادية ، فقد حظى بالقدر الأعظم من الرحلات الفضائية والدراسات التفصيلية من الجانبين الأمريكى والسوفيتى . وتضمنت هذه الدراسات قياسات الإشعاعات والمجالات المغنطيسية والتثاقلية والنشاط الزلزالى وتركيب التربة القمرية ، وعادت هذه الرحلات بعينات وفيرة من الصخور وآلاف الصور الواضحة لسطح القمر وتضاريسه فى مختلف المواقع .

ومن هذه الدراسات ثبت بما لايدع مجالا للشك أن سطح القمر مكون من صخور مشابهة للصخور التى توجد على سطح الأرض وتتساوى معها فى الكثافة . كما تبين الدراسات أن كثافة القمر الكلية تزيد بمقدار ١٠ فى المائة تقريبا فقط على كثافة صخوره السطحية ، وهى تساوى ثلثى كثافة الأرض الكلية تقريبا . وهذا يعنى أن كثافة القمر لا تزيد بزيادة العمق فى الاتجاه نحو

المركز ، كما هى الحال مع الأرض ، التى نعلم أن لها قلبا من الفلزات الثقيلة . والنتيجة الواضحة التى يمكن أن تستخلص من ذلك أن القمر ليس له قلب ، وإذا كان لهذا القلب وجود فإن قطره لا يزيد على بضع مئات من الكيلومترات .

وتبين من تحليل الصخور القمرية أن القمر لا يحيط به جو مثل الأرض ، وليس به بحار الآن ولا فى أى وقت مضى . وثبت أيضا أن أقدم الصخور القمرية يزيد عمرها على أربعة آلاف مليون سنة ، بل إن عمر بعضها يقرب من عمر أرضنا الذى يبلغ ، وفقا للاعتقاد السائد الآن ، ما بين ٤٥٠٠ و ٤٧٠٠ مليون سنة ، الأمر الذى يوحى بأن القمر نشأ فى الوقت نفسه الذى نشأت فيه الأرض ومستقلا عنها . وهذه نتيجة مهمة تدحض بعض النظريات التى وضعت لتفسير نشأة القمر ، ومنها تلك التى ظهرت فى أوائل هذا القرن وحظيت بقبول عام ، ومفادها أن القمر كان جزءا من الأرض ثم انفصل عنها لسبب ما تاركا فى مكانه المحيط الهادى العظيم . وعلى الرغم من أن هذه الدراسات قد أمدت العلماء بمعلومات مهمة وحاسمة ، فلا تزال لديهم بعض التساؤلات التى يأملون فى التوصل إلى إجابات مقنعة عنها . ومن هذه التساؤلات : أين نشأ القمر ، هل كانت نشأته قريبة من الأرض وظل ملازما لها ودائرا فى مدار حولها تحت تأثير قوة جاذبيتها ، أم نشأ بعيدا عنها ثم ، لسبب ما ، اجتذبته الأرض ليدور حولها فى وقت لاحق ؟

لقد بينا فيما سبق أن القمر يواجهنا بالوجه نفسه طوال الوقت ، ولم يتسن لنا فى أى وقت مضى رؤية الوجه الآخر ، ولكن المجسات الفضائية المتتالية ، بدءا بالمجس الفضائى السوفيتى الذى أطلق فى أكتوبر ١٩٥٩ ليمر وراء القمر ، أمدتنا بصور واضحة لوجهه غير المرئى . وكان هناك اختلاف واضح فى التضاريس بين الوجهين . فيكاد الوجه الخفى يكون خلوا من السهول التى تبدو قاتمة وتغطى الجزء الأعظم من الوجه المواجه لنا ، ولكن تكثر به الجبال العالية والحفر العميقة الشبيهة بالفوهات البركانية . وهذا الاختلاف فى التضاريس يوحى بأن الأرض تؤثر إلى حد ما فى تشكيل سطح القمر .

إن المعلومات ، التى أمدتنا بها المجسات الفضائية والتجارب التى أجريت على سطح القمر وعينات الصخور التى جمعت ، كافية لإثبات أن القمر غنى بثروته المعدنية ، والأكسيجين متوافر به ، ولو أنه ليس حرا ، ولكن يمكن استخلاصه من السيليكات . وعلى الرغم من انعدام الماء وندرة الهيدروجين ، فإن المعلومات المتوافرة تبشر بأن الأجيال القادمة قد تستطيع فى يوم ما عمارة القمر أو استغلال موارده ونقل مواده إلى الأرض لتضييق الهوة بين النمو السكانى وما يحتاجه سكان الأرض من مواد أساسية ، وقدرة الموارد الطبيعية الأرضية على الوفاء بهذه الاحتياجات .

لم تقتصر رحلات المجسات الفضائية على القمر ، فلقد توالى إرسال المجسات إلى الكواكب الأخرى ، القريبة من الأرض والبعيدة عنها . ولسوف يقضى العلماء سنين طويلة فى تحليل ما ترسله هذه المجسات من معلومات عن الكواكب التى تمر بها أو تدور حولها أو تحط عليها . ولقد أفادت المعلومات التى تم تحليلها فى كشف الكثير من أسرار هذه الكواكب . وكانت الزهرة والمريخ هما ، بطبيعة الحال ، أول كوكبين استهدفتهما المجسات الفضائية ، وحصلنا على معلومات تفصيلية كثيرة عنهما ، وذلك لأنهما أقرب الكواكب من الأرض ، فقد كان زمن الرحلة إلى الزهرة ١٢٧ يوما ، وإلى المريخ ١٥٧ يوما ، فى حين أن الرحلات إلى الكواكب الخارجية ، المشترى وزحل وأورانوس ونبتون تستغرق سنوات ، ولذا تأخر حصولنا على معلومات تفصيلية عنها على الرغم من المجسات الفضائية الأمريكية والسوفيتية التى أرسلت إليها تباعا منذ أوائل السبعينيات .

كان ما لدينا من معلومات عن الزهرة حتى وقت قريب قليلا جدا . فقد كانت وسيلتنا الرئيسية فى التعرف عليها هى التلسكوب البصرى الذى كانت إمكاناته محدودة ، إذ أننا لا نستطيع رؤية سطح هذا الكوكب بسبب الغيوم الكثيفة التى تغلفه طوال الوقت . ولكن المجسات الفضائية وما حملته من أجهزة أمدتنا بفيض من المعلومات عن « توءمنا الكوكبى » . فالأرض والزهرة توءمان ، فهما متماثلان تقريبا فى الحجم والكتلة ، وهو أقرب

الكواكب إليها ، ومع هذا فقد صعبت علينا رؤية تفصيلاته وتأخر علمنا بأحواله . ولقد أزالت المجسات الفضائية الأمريكية والسوفيتية التى اقتربت منه ، وتلك التى حطت على سطحه هذه الصعوبة وأرسلت إلينا المعلومات التى أفادت بأن جو الزهرة يتكون من ثانى أكسيد الكربون بنسبة ٩٠ فى المائة تقريبا (ونسبة هذا الغاز فى جو الأرض لا تتجاوز ٠٣,٠ فى المائة) ، ومن ثم لا يستطيع الإنسان التنفس هناك . والضغط الجوى على سطح الزهرة يساوى مائة مثل الضغط الجوى على سطح الأرض . أى أن الإنسان يتعرض هناك إلى ضغط يساوى وزن مائة كيلوجرام على كل سنتيمتر مربع من جسمه ، وهذا كفيل بسحقه . ودرجة الحرارة هناك مفرطة الارتفاع ، حيث إنها تصل إلى ٥٥٠ سلسيوس (مئوية) فى بعض الأماكن . وخلاصة القول أنه ثبت يقينا أن بيئة الزهرة لا تصلح للحياة .

ولقد أثبتت المجسات الفضائية التى أرسلت إلى المريخ والمركبات غير البشرية التى حطت على سطحه ، أن الضغط الجوى هناك يقل عن ٨, فى المائة من جو الأرض ، وهذا يساوى عشرة أمثال القيمة التى كانت مقدرة له من قبل ، وأن الجو يتكون أساسا من ثانى أكسيد الكربون . ونظرا لنحافة الغشاء الجوى المحيط بالمريخ ، فإنه لا يحجب الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس . وعلى ذلك ، فإن الإنسان لا يستطيع الحياة على سطحه ، فليس هناك أكسيجين يتنفسه ، كما أن الأشعة فوق البنفسجية الشديدة تهلكه . ويتميز سطح المريخ بالقمم البركانية التى يصل ارتفاعها إلى ٢٥ كيلومترا فوق السطح وقطر قاعدتها إلى حوالى ٥٠٠ كيلومتر ، هذا إلى جانب الفوهات البركانية والسهول . وتصل درجة الحرارة عند الدائرة الاستوائية إلى ٢٠° سلسيوس (مئوية) ، وتهبط أثناء الليل إلى ٧٠° تحت الصفر المئوى .

إن ما ذكرناه فيما سبق ليس إلا بضعة أمثلة توضيحية قليلة جدا لما توصل إليه العلماء من معلومات كانت خافية عليهم ، ولديهم الآن كم هائل من النتائج والبيانات التى يستغرق تحليلها ودراستها سنوات طويلة . ولا يتسع المقام هنا

لعرض هذه النتائج فهى تتصل بتفصيلات تخصصية يخرج شرحها عن نطاق هذه العجالة العامة .

ولقد أدى إقدام الإنسان على استكشاف الفضاء والتفكير فى إقامة مستعمرات فضائية إلى نشوء فرع جديد من العلم لدراسة تأثير البيئة الفضائية فى الكائنات الحية بوجه عام والإنسان بوجه خاص ، وسمى هذا الفرع « علم الأحياء الفضائى » . والمجالات التى يشملها « علم الأحياء الفضائى » هى : الفيزيقا الحيوية ، أى دراسة العوامل الفيزيقية المتأصلة فى البيئة الفضائية وتأثيرها فى الكائنات الحية ، والديناميكا الحيوية التى تشمل العوامل الناشئة عن حركة المركبات الفضائية ، وهى تتسارع لتكتسب العجلة اللازمة لرفعها إلى المسار أو المدار المحددين ، وكذلك أثناء دورانها فى مداراتها حول الأرض أو حول الكواكب الأخرى . والمجال الثالث هو الطب الفضائى الذى يعنى بدراسة تأثيرات البيئة الصناعية التى تزود بها المركبة الفضائية فى الكائنات الحية عامة ، والإنسان على وجه الخصوص ، وذلك من أجل الحفاظ على سلامة صحة الإنسان البدنية والنفسية . وتشمل هذه الدراسات الغازات التى يتنفسها الإنسان وأسلوب التغذية وتأثيرات العزلة وما إلى ذلك .

ولقد أجريت بعض بحوث « علم الأحياء الفضائى » ودراساته على الأرض فى ظروف هيئت لتحاكى الظروف التى توجد فى الفضاء . ولكن تعذر فى أحيان كثيرة محاكاة الظروف الفضائية تماما ، ولذا يتم استكمال هذه الدراسات بالأجهزة التى تزود بها المركبات لرصد التغيرات التى يمكن أن تحدث فى بعض الوظائف الحيوية أثناء الرحلات الفضائية ، وبالتجارب التى تجرى فى المعامل الفضائية كالتى تجرى حاليا بالمحطة الفضائية الروسية « مير » ، والتى حملت إلينا الصحف فى أواخر شهر يونيو من عام ١٩٩٥ نبأ انضمام فريق من العلماء الأمريكيين إلى الفريق الروسى لإجراء دراسات لتأثير انعدام الوزن فى الإنسان . وكما رأينا من قبل ، فإن مكوك الفضاء الأمريكى سهّل كثيرا إجراء الدراسات والبحوث فى الفضاء ، كم سهّل انتقال الباحثين إلى محطات الفضاء لإجراء دراساتهم والعودة إلى الأرض .

لقد أمكن كما أشرنا فيما سبق محاكاة الظروف الفضائية والظروف الناشئة عن حركة المركبات الفضائية على الأرض ، والعامل الوحيد الذى تعذرت محاكاته مدة كافية لإجراء أى دراسة مفيدة هو انعدام الوزن ، حيث لم يمكن الإبقاء على حالة انعدام الوزن أرضيا أكثر من بضع ثوان . ولدراسة تأثير انعدام الوزن فى الكائنات الحية أهمية خاصة . فلقد نشأت جميع أشكال الحياة وتطورت على الأرض تحت تأثير مجالى الأرض التثاقلى والمغنطيسى وتأثير الإشعاع الكهرمغنطيسى القادم من الشمس ، وربما يكون هناك مجالات قوى أخرى لم تعرف بعد . ومن المحتمل أن يكون للتغيرات المتكرر حدوثها بانتظام فى هذه المجالات على مر آلاف السنين دور فى نشوء الدورات اليومية والشهرية المنتظمة الحدوث فى كائنات حية كثيرة . والمعلوم أن النباتات والحيوانات تستجيب لقوة التثاقل ، ولديها جميعا مستقبلات لهذه القوة ونظم للاستجابة لها . ولقوة التثاقل دور مهم فى العمليات الفسيولوجية فى النبات والحيوان على السواء ، ولكن ليس لدى العلماء حتى الآن معرفة تامة بآليات استجابة هذه الكائنات لقوة التثاقل . ونظرا لقلة هذه المعرفة خشى الكثيرون أن يؤدى انعدام الوزن فى الرحلات الفضائية إلى تغيرات غير مأمونة العواقب فى الأشخاص الذين يتعرضون لهذه الحالة . ولقد سادت هذه المخاوف قبل قيام الإنسان بهذه المغامرة ولكنها تبددت بعد الرحلات الفضائية الأولى ، بعد أن ثبت إمكان بقاء الإنسان فى الفضاء مددا طويلة استمرت شهورا عديدة .

ولكن هذه المغامرة لم تتم إلا بعد أن توصل العلماء إلى بعض المعلومات التى كانت كافية لإقناعهم بإمكان تحمل الإنسان لحالة انعدام الوزن ولو لمدة قصيرة . ولقد زادت هذه المدة تدريجيا بعد إجراء الدراسات الطبية الحيوية التى أخضع لها الملاحون الفضائيون قبل القيام بالرحلة وفى أثنائها (بواسطة محساسات دقيقة) وبعد عودتهم . وكانت الدراسات التى أجريت فى المرحلة الأولى للإعداد لبرامج الفضاء ، والتى أمدت بالمعلومات الأولية مبنية على تجارب أخضع لها المتطوعون ، وأجريت فى ظروف لم تكن مطابقة تماما لظروف انعدام الوزن الواقعية ولكنها كانت قريبة إلى حد ما منها . فلقد حاول

العلماء معادلة قوة التثاقل بقوة أخرى لإيجاد حالة اتزان ميكانيكى . لقد كانوا يعلمون أن هذه الظروف لم تكن هى الظروف الواقعية فى الفضاء تماما ، ولكنهم استمدوا منها ، على أية حال ، المعلومات التى أكدت لهم عدم خطورة البقاء فى الفضاء مددا وجيزة على الأقل . وهذا ما حدث فعلا ، ولم تنته الدراسات بعد حيث إنهم يواصلون استكمالها فى المعامل الفضائية كما ذكرنا من قبل .

ولم تقتصر دراسات تأثيرات انعدام الوزن على الإنسان بل شملت أنواعا كثيرة أخرى استخدمت فى تجارب أجريت فى المركبات الفضائية الروسية والأمريكية . ولقد تضمنت هذه الأنواع كائنات دقيقة وبذورا نباتية ونباتات راقية وحشرات وبيض طيور وأسماك وبرمائيات وقردة . وكانت هذه الدراسات مثالا آخر للتعاون الدولى فى هذا المجال . فقد اشترك فى التجارب التى أجريت فى بعض الرحلات السوفيتية فى إعداد العينات والمواد باحثون من الولايات المتحدة وفرنسا ، ومن عدة بلاد أخرى كانت تابعة للاتحاد السوفيتى . ولقد تم معظم هذه التجارب أتوماتيا وفقا لبرنامج محدد أعد مقدما ، واقتصر الأمر فى بعضها على إجراء المشاهدات والقياسات قبل الرحلة الفضائية وبعدها .

ولقد جاءت هذه الدراسات الفضائية بنتائج مفيدة ، ولكن العلماء يفضلون إجراء مزيد من الدراسات لتأكيد ما حصلوا عليه من نتائج ، ولذا فإن الدراسات لا تزال جارية على المحطة الفضائية الروسية والمعامل التى يحملها مكوك الفضاء . وأهم ما توصل إليه العلماء الأمريكيون والسوفيت هو أن الإنسان يمكنه التكيف والعمل فى البيئة الفضائية مددا يمكن أن تصل إلى بضعة شهور ، ولو أن بقاءه مدة زادت على الستة الشهور أصبح حقيقة مؤكدة بعد نجاح الملاحين الفضائيين السوفيت فى ذلك . ومع هذا فلا يزال طريق البحوث والدراسات طويلا لمعرفة التأثيرات البيولوجية التى يمكن أن تنجم عن التعرض للبيئة الفضائية مددا طويلة ، ومشكلات التكيف من جديد للبيئة الأرضية عند العودة إلى الأرض بعد بقاء المسافرين مددا طويلة فى الفضاء .

وكما أن المعامل الفضائية تتيح إمكانات ضخمة لدراسة الظواهر الحيوية بعيدا عن تأثير قوة التثاقل ، فإنها أيضا تتيح إمكانات عظيمة لدراسة الظواهر الفيزيقية والكيميائية فى بيئة خالية تماما من الجو ، أى في الفراغ التام ، ومن تأثيرات قوة التثاقل . وهذه بيئة يتعذر تهيئتها على الأرض . فوجود قوة التثاقل يحول دون دراسة العوامل التى تؤثر فى بعض العمليات والتى يتوق العلماء إلى معرفة تأثيرها الحقيقى . ولا يتسع المقام هنا لسرد هذه العمليات ووصفها ، ولكن ربما يكفى أن نسوق مثالا توضيحيا لها . ففى غياب قوة التثاقل يمتنع الترسب ، وهذا يسمح بأن تبقى المواد المختلفة فى الكثافة المختلطة بعضها مع بعض ، فى حالة انتشار مستقر مددا طويلة دون ترسب المواد العالية الكثافة . وبذلك يمكن دراسة عمليات كثيرة مثل اندماج الفقاعات وانفصالها وتكوّن الندافات واستقرارها وتجمد السبائك وما إلى ذلك . وللكثير من هذه العمليات أهمية خاصة فى إنتاج مواد ذات مواصفات متميزة تحتاج إليها تكنولوجيات عصر التقدم التكنولوجى الفائق الذى نعيشه الآن .

لقد أصبحت المعامل الفضائية امتدادا للمعامل الأرضية ، يستخدمها علماء العالم أجمع لإجراء بحوثهم فى جو من التعاون الدولى البنّاء . وليس هذا التعاون العلمى الدولى جديدا على العلماء ، فهم يشتركون على الأرض الآن فى مشروعات علمية تعاونية فى معامل دولية تخصصية فى مختلف أنحاء العالم . فالمجتمع العلمى مجتمع متكامل ليس لوطنه حدود جغرافية أو سياسية ، لا على الأرض ولا فى الفضاء .

خاتمة

لابد لنجاح أى مشروع من بنية أساسية قوية توفر له الخدمات ومستلزمات التنفيذ التى تكفل حسن الأداء والاستمرارية والتوسع . ومشروع استكشاف الفضاء لا يختلف عن غيره من المشروعات فقد قام على بنية أساسية قوية ، ولكنها تتميز على البنى الأخرى بمكونين إضافيين مهمين ، هما القاعدة العلمية الوطيدة والقاعدة الصناعية والتكنولوجية الراسخة . وعلى الرغم من أن المشروع بدأ بهاتين القاعدتين قويتين من قبل ، فلقد استمرت تنميتهما ودعمهما بدأب وسخاء للوفاء باحتياجات برامج الفضاء الطموحة والمطردة التوسع والتطور . ولقد استنفدت تنمية هاتين القاعدتين ودعمهما جزءا عظيما من تكاليف برامج الفضاء المختلفة .

وليس المشروع ، أى مشروع ، هو المنتفع الوحيد بالبنية الأساسية التى تنشأ خصيصا من أجله ، فخيرها يعم ، عادة ، المناطق والمجتمعات التى تقع فى نطاقها . فعلى سبيل المثال ، إذا أنشىء طريق بين مصنع فى منطقة منعزلة والمركز الحضارى أو الميناء لنقل مستلزمات الإنتاج إلى المصنع ، والسلع المنتجة إلى مركز التوزيع أو التصدير ، فإن هذا الطريق يخدم المجتمعات التى يمر بها ، ويشجع على إقامة مجتمعات جديدة فى المناطق غير المأهولة . وهذا ينطبق تماما على مشروع الفضاء مع اختلاف مهم جدا ، فإن نفع التقدم العلمى والكنولوجى الذى يخدم أساسا برامج الفضاء لم يقتصر على البلدين الرئيسيين فى هذا المجال ، وهما الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى (سابقا أو روسيا حاليا) بل امتد وشمل جميع أنحاء العالم . وتلك سمة متأصلة فى التقدم العلمى والتكنولوجى الذى لا يحول دون انتشاره حدود سياسية ولا جغرافية .

لقد أحدث التقدم العلمى والتكنولوجى المرتبط ببرامج الفضاء طفرات فى مختلف النواحى العلمية والتكنولوجية فى زمن قصير جدا نسبيا . ونتج عن

هذه الطفرات تقنيات ووسائل أثرت تأثيرا مباشرا فى الحياة اليومية للأفراد والمجتمعات وأحدثت تغيرات واضحة في أساليب الحياة والعادات والقيم ، منها ما قد يكون مفيدا ومنها ما قد يكون ضرره أكبر من نفعه . وقد يصعب تبين الضار والنافع فى الوقت المناسب . ولا ينفرد التقدم العلمى والتكنولوجى المرتبط ببرامج الفضاء بهذه السمة ، فهى متأصلة فى المكتشفات والاختراعات الجديدة بوجه عام . هذا ، وما نشهده الآن من تطورات هائلة فى التقنيات والوسائل المختلفة إنما يرجع أغلبه إلى الدفعات القوية التى تتلقاها الجهود العلمية والتكنولوجية من برامج الفضاء والخطى الواسعة التى تتقدم بها .

حقا لم تكن برامج الفضاء هى التى أنشأت القواعد العلمية والتكنولوجية الوطيدة ، فإن هذه البرامج لم تبدأ إلا بعد أن ثبت أن ما كان متاحا من معلومات علمية وتقنيات يبشر بإمكان الإقدام على هذه المغامرة ، أو على الأقل يوفر الحد الأدنى لمتطلبات المراحل الأولى . ولكن ارتباط هذه القواعد بتلك البرامج عجّل بتنميتها وتقدمها بخطى سريعة للحاق بمتطلبات المراحل التالية للبرامج . فعلوم وتكنولوجيا الإلكترونيات والحاسب الالكترونى كانت على درجة عالية نسبيا من التطور فى أواخر السنوات الأربعينية وأوائل السنوات الخمسينية نتيجة للجهود المركزة التى بذلت أثناء الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩ – ١٩٤٥) لتطوير الرادار وتحسين أداء وسائل الاتصال . وكان هذا العهد سابقا لبدء الإعداد لبرامج الفضاء . ولكن الدوائر الإلكترونية كانت تعتمد فى ذلك الوقت على مكونات كبيرة الحجم نسبيا وتستنفد قدرا كبيرا من الطاقة الكهربائية تبدد جزءا كبيرا منها على شكل إشعاع حرارى يرفع درجات حرارة الأجهزة نفسها والجو المحيط بها . فالدوائر الإلكترونية التى تكون منها الجيل الأول للحاسبات الإلكترونية شغلت حيزا ضخما فى بهو فسيح زود بمراوح قوية وأجهزة لتكييف الهواء للتخلص من الحرارة المنبعثة من هذه الدوائر . ولكن تصميم المركبات الفضائية والصواريخ التى ترفع إلى مساراتها يفرض قيودا على ما تحمله هذه المركبات والصواريخ من أجهزة ومعدات إلكترونية سواء من ناحية الحجم أو الوزن . ولقد رأينا أن هذه المركبات تحمل

أعدادا هائلة من تلك الأجهزة والمعدات ، كما أن إمكانية توفير الطاقة الكهربائية بالكميات الكافية كانت محدودة . لذا كان لزاما تعجيل البحوث لتصغير حجم ووزن تلك المعدات والأجهزة والهبوط بما تستلزمه من طاقة كهربائية إلى أدنىٰ حد .

وشاء الله أن تكتشف فى ذلك الوقت خصائص أشباه الموصلات التى توسم فيها العلماء إمكانية الوفاء بمتطلبات برامج الفضاء . فلقد وجدوا أنها يمكن أن تحل محل الصمامات الإلكترونية وأن تساعد على تحويل الطاقة المستمدة من أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة . فلقيت بحوث فيزيقا الجوامد وأشباه الموصلات وتكنولوجيتها دفعات قوية . وفى زمن قصير جدا حل الترانزستور وصنوانه ، التى لا يزيد حجمها على حجم زر القميص ، محل الصمام الإلكترونى وصنوانه . ولعل كثيرين منا رأوا الصمامات الإلكترونية فى أجهزة الراديو والتليفزيون التى كانت مستخدمة قبل السنوات الخمسينية أو حتى أثناءها . فلم يكن أصغرها أقل حجما من أسطوانة ارتفاعها بضعة سنتيمترات وقطرها سنتيمتران . وتلا ذلك أن حلت الدوائر المتكاملة التى لا تزيد على عقلة الإصبع حجما محل دوائر إلكترونية كاملة مكونة من عدة صمامات . ثم اكتشفت الخلايا الشمسية التى تحتوى على مادة شبه موصلة أيضا لتحول طاقة أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة . وهكذا تم حل مشكلات الحجم والوزن ومصادر الطاقة الكهربائية . ولا تزال البحوث جارية للتوصل إلى مواد جديدة من أجل رفع كفاءة الأداء ودرجة الثقة إلى مستويات أعلى .

وكما أن لمعظم المشروعات منتجات جانبية تأتى طوعا بالإضافة إلى المنتج الرئيسى ، كذلك مشروع الفضاء كانت له منتجات جانبية فى مختلف النواحى . ففى مجال الإلكترونيات الذى نحن بصدده ، يمكن القول بأنه قد حدثت ثورة عظيمة فى مجال الأجهزة الإلكترونية والحاسبات أثرت تأثيرا مباشرا فى الحياة اليومية للأفراد والجماعات ، بل ربما تأثيرها فى بعض الأفراد يفوق تأثير الإنجازات الفضائية نفسها . فخبر التقاء مكوك الفضاء

الأمريكى بالمحطة الفضائية الروسية « مير » وانضمام الفريق الأمريكى إلى زملائهم بالمحطة الفضائية ربما يكون قد مر دون أن ينتبه له أفراد كثيرون ، أو ربما يكون قد أثار دهشة بعض القراء . وتباينا مع هذا ، قد يدفع الإعلان عن دليل التليفونات الإلكترونى الذى يحمل فى الجيب بعض الأفراد إلى الإسراع إلى اقتناء هذا الاختراع السحرى العجيب لشعورهم أنهم فى حاجة حقيقية له . وسرد تأثيرات هذه الثورة فى الحياة اليومية الفردية والجماعية وفى سلوك الأفراد والجماعات وعاداتهم يحتاج إلى مجلدات ، ولكن يكفينا أن نتذكر أنه لا يمر وقت من أوقات النهار أو الليل حتى نجد فى طريقنا جهازا أو وسيلة أفرزتها هذه الثورة . وحتى لعب الأطفال نالت نصيبها هى الأخرى من هذا التطور الخطير .

ولقد كان نجاح الحاسبات الإلكترونية الباهر فى تشغيل المركبات الفضائية وتوجيهها وتصحيح مساراتها ، وجميع العمليات التى تضمنتها الرحلات الفضائية بدءا من إطلاق الصاروخ حتى وصول المركبة إلى الهدف والعودة إلى الأرض فى المكان والزمان المحددين بالضبط ، عاملا قويا فى سرعة انتشار استخدام هذه الحاسبات وتغلغلها فى مختلف الأنشطة الاقتصادية ، الإنتاجية منها والخدمية ، حتى أصبحت وسيلة لا غنى عنها فى إنجاز مهام كثيرة فى هذه الأنشطة . ونتيجة لذلك شهدت العقود الثلاثة الأخيرة مولد قطاع اقتصادى مهم جديد شمل إنتاج الحاسبات ومستلزماتها ، كما شمل أيضا الخدمات المتصلة بتطبيقاتها المختلفة . وصحب ذلك بالطبع نمو علم المعلومات وتطوره ، وهو العلم المعنى بجمع المعلومات المسجلة وتصنيفها وتخزينها فى ذاكرة الحاسب الإلكترونى واسترجاعها ونشرها .

ليس هذا إلا مثالا لإحدى نواحى الثورة الحضارية التى أحدثها عصر الفضاء . ونحن إذا استعرضنا الأنشطة التى نمارسها فى مختلف دروب الحياة نجد بصمات هذه الثورة واضحة فيها . فكم من مواد جديدة استنبطت للوفاء بمتطلبات خاصة اقتضتها تصميمات المركبات الفضائية ، والأجهزة والمعدات المستخدمة فيها ، وكم من تقنيات وعمليات ابتكرت لإنتاج منتجات معينة

عجزت التقنيات والعمليات التقليدية عن إنتاجها . ولقد أصبحت هذه المواد والتقنيات الجديدة ، وما أدى إليه تطويرها إلى تقنيات ومواد أخرى ، مكونات ضرورية فى كثير من الصناعات والأنشطة البشرية عامة .

ولقد كان للنواحي العسكرية نصيب الأسد من منجزات عصر الفضاء . فينبغي لنا ألا ننسى أن الدافع الأساسى للدخول فى عصر الفضاء كان عسكريا فى بادىء الأمر . ولم يغب عن أذهان العسكريين هدفهم الأساسى فى أى وقت من الأوقات . وربما كان ذلك هو الدافع الرئيسى لإسهاماتهم الضخمة المالية والتقنية فى برامج الفضاء المختلفة . والواضح أن هذه الإسهامات جاءت بنتائج مبهرة فى القطاع العسكرى . فلقد حدثت تطورات مذهلة فى تكنولوجيا القذائف والصواريخ ودقة مساراتها وإصابة الأهداف فى حدود بضعة أمتار بعد أن تكون قد قطعت آلاف الكيلومترات ، والأشد إذهالا هو التطور الذى حدث فى أساليب الاستطلاع والتجسس من ارتفاعات عالية فى ظلمة الليل ، وكذلك التطوير الذى شمل معدات القتال الأخرى . ونتيجة لهذا كله تغيرت أساليب إدارة المعارك الحربية ووضع خططها تغيرا كاملا .

ولعل صورة « عاصفة الصحراء » ، وهو الاسم الذى أطلق على حرب الخليج فى يناير ١٩٩١ لا تزال حية فى أذهان الكثيرين منا فلقد كانت فى الواقع عرضا عسكريا مبهرا أذهل العسكريين قبل المدنيين . فكانت القاعدة الصاروخية ، ما إن تحس بقدوم صاروخ معاد حتى ينطلق صاروخ ليلتقى به ويحطمه فى الجو قبل أن يصل إلى هدفه ، أليس هذا هو قمة الإتقان والدقة فى الاستشعار والتوجيه ! وكان الصاروخ ينطلق من سفينة حربية بالخليج العربى ليصيب منشأة محددة فى بغداد . كما عجزت وسائل التخفى والتمويه البارعة أمام أساليب الاستطلاع والتجسس الفاضحة . إنها ثورة حقيقية فى فنون القتال يأمل الكثيرون أن تسهم فى نشر السلام ، وأن تضع حدا للحروب التى لا تأتى إلا بالخراب والدمار لجميع الأطراف المتحاربة على السواء . ولكن هل يتحقق هذا الأمل ؟؟

كان هذا عرضا سريعا لبعض منجزات عصر الفضاء التى أثرت فى حياة

البشر ، وأحدثت تغييرات جذرية فى أساليب الحياة والعادات . والصورة العامة تبين أنها جاءت بالنفع والخير للبشر عموما ، فلقد ارتفعت بالأداء ودرجة الإتقان وحلت كثيرا من المشكلات التى كانت تعترض الناس فى حياتهم اليومية وسهلت الاتصالات وجعلت الحياة أكثر متعة وترفا ، وغير ذلك كثير . ولكن الخبرة علمتنا أن ما يبدو مفيدا على المدى القريب ، ربما تكون له تأثيرات تؤدى إلى مشكلات قد يصعب حلها على المدى البعيد . ولم يمض على هذا العصر أكثر من ثلاثة عقود حتى الآن . وربما تكون هذه المدة كافية لتبين ما هو مفيد حقا ، وما هو ضار على المدى البعيد . ولكن ربما تكون بعض التأثيرات أشد خداعا وختلا من أن تفصح عن حقيقتها فى هذه المدة القصيرة نسبيا . ولذا وجب على المجتمع البشرى أن يكون حذرا ، وأن يستخدم كل ما أودعه الله فيه من حكمة وبصيرة وعلم ، وأن يستحضر كل خبراته ليميز الخبيث من الطيب فى وقت مبكر .

ويجب ألا تؤخذ هذه النظرة على أنها تشاؤمية ، فهى واقعية حقا . فكم من مكتشفات بدت مفيدة جدا فى بادىء الأمر ثم تبينت مثالبها بمضى الوقت ، وكم من دواء بدت نجاعته فى الشفاء من مرض معين ثم اتضحت تأثيراته الجانبية على المدى الطويل وربما أودت بحياة الفرد . ونسوق هنا على سبيل المثال مسألة تثير القلق بين بعض الناس الذين لا يمكن وصفهم بالتطرف أو التزمت ، وهى ما قد يحدثه يسر منال البرامج التليفزيونية ، وتعرض الناس لتقاليد وعادات مختلفة عن عاداتهم وتقاليدهم ومعتقداتهم من تأثيرات قد تظهر مساوئها على مر الزمن . وهذه المساوىء لا تحدث أضرارا مادية بقدر ما قد تحدثه من أضرار معنوية ، لا تقتصر على بعض الأفراد بل قد تصيب جماعات بأسرها . فلكل جماعة تقاليدها وأعرافها ومعتقداتها ، وقد يكون بعضها طيبا يفيد هذه الجماعة وقد يكون بعضها فاسدا يجب القضاء عليه . وما يصلح لجماعة معينة قد لا يصلح ، بالضرورة ، لجماعة أخرى . وفرض ثقافة جماعة معينة بمحاسنها ومساوئها النسبية ، لا يأتى بالخير فى جميع الأحوال ومخالف لسنة الله فى خلقه ، فلقد قال جل شأنه

﴿ وَجَعَلْنَٰكُمْ شُعُوبًا وَقَبَآئِلَ لِتَعَارَفُوٓا۟ ﴾

(سورة الحجرات ـ ١٣)

لذا وجب على جميع الشعوب ، المتقدمة والنامية ، أن تتخذ حذرها تجاه الثقافات التى تتعرض إليها ، وأن تكون قادرة على تمييز ما يصلح لها منها وتنميته ، وما هو ضار بها على المدى البعيد ودرئه . وهذه مهمة صعبة لا يجدى فى حلها أساليب الحظر أو الوعظ أو الحلول المستوردة . وأهل الرأى والفكر والعلم فى كل شعب هم وحدهم القادرون على التصدى لها . وعلى علماء الاجتماع وعلماء النفس والمفكرين وفقهاء الدين أو الملة فى كل شعب من الشعوب أن يحللوا أعراف شعبهم وتقاليده ليميزوا الخبيث من الطيب على أسس علمية مؤكدة مستخدمين فى ذلك كل ما أوتوا من بصيرة وخبرة ، وأن يدرسوا التدابير التى يمكن أن تحصن أفراد شعبهم ضد كل ما هو ضار بهم ، وتجعلهم يعضون بالنواجذ على ما يلائم طبيعتهم وينفعهم . ولعل ما جاء فى القرآن الكريم من مثل للحق والباطل وللدعوة الباقية والدعوة الذاهبة مع الريح يكشف لنا عن حقيقة لا مراء فيها عن سنة الله فى خلقه التى لا تتبدل ولا تتغير . فلقد ساق الماء مثلا للحق ، والزبد مثلا للباطل حيث قال جل شأنه

﴿ أَنزَلَ مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌۢ بِقَدَرِهَا فَٱحْتَمَلَ ٱلسَّيْلُ زَبَدًا رَّابِيًا ۚ وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِى ٱلنَّارِ ٱبْتِغَآءَ حِلْيَةٍ أَوْ مَتَٰعٍ زَبَدٌ مِّثْلُهُۥ ۚ كَذَٰلِكَ يَضْرِبُ ٱللَّهُ ٱلْحَقَّ وَٱلْبَٰطِلَ ۚ فَأَمَّا ٱلزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَآءً ۖ وَأَمَّا مَا يَنفَعُ ٱلنَّاسَ فَيَمْكُثُ فِى ٱلْأَرْضِ ۚ كَذَٰلِكَ يَضْرِبُ ٱللَّهُ ٱلْأَمْثَالَ ﴾ « صدق الله العظيم »

رقم الإيداع

٨٢٤٠ / ١٩٩٦م

مطابع الأهرام التجارية - قليوب

فيم اختلف عصر الفضاء عن عصور البخار والكهرباء والذرة ؟ وكيف أحدث ثورة في مجال الإليكترونيات وإنتاج المواد ؟ ما هي الوسائل والمركبات والمعدات التي استخدمها الإنسان لبلوغ مقاصده في الفضاء ؟ ولماذا هبط على القمر وأقام جزرا صناعية في الفضاء وأنشأ خطوط نقل بينها وبين الأرض ؟ ما التأثيرات التي يحدثها عصر الفضاء في حياة البشر ؟

يجيب هذا الكتاب عن تلك الأسئلة وكثير غيرها .
والمؤلف الدكتور سيد رمضان هداره ، مستشار المعهد القومي للمعايرة وعضو مجمع اللغة العربية ، حاصل على الدكتوراه في الأشعة الكونية ، وقد تدرج في وظائف هيئة التدريس بعلوم القاهرة ، ثم عين رئيسا للمعهد القومي للمعايرة ، وأمينا لأكاديمية البحث العلمي ووكيلا أول لوزارة البحث العلمي . وألف وترجم ما يزيد على ٥٠ كتابا .

الناشر

مركز الأهرام للترجمة والنشر
مؤسسة الأهرام
التوزيع في الداخل والخارج - وكالة الأهرام للتوزيع
ش الجلاء - القاهرة

مطابع الأهرام التجارية - قليوب - مصر